

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 2 月 5 日
Date of Application:

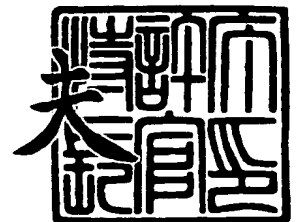
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 2 8 8 9 7
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 2 8 8 9 7]

出 願 人 ソニー株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月 1 2 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願

【整理番号】 0290801704

【提出日】 平成15年 2月 5日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 B25J 1/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 野田 邦昭

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 山本 隆司

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 加藤 龍憲

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代理人】

【識別番号】 100067736

【弁理士】

【氏名又は名称】 小池 晃

【選任した代理人】

【識別番号】 100086335

【弁理士】

【氏名又は名称】 田村 榮一

【選任した代理人】

【識別番号】 100096677

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊賀 誠司

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019530

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9707387

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ロボット装置、及びロボット装置の表現方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 内部状態及び／又は外部刺激に基づき自律的な動作が可能なロボット装置において、

相互に独立して直交表現可能な複数の表現単位を有する表現手段と、

上記内部状態及び／又は外部刺激に基づく互いに直交する複数の各状態と少なくとも 1 つの表現単位とを対応づける対応付け手段と、

上記対応付けられた表現単位を使用して、互いに直交する複数の状態を並列的に表現するよう上記表現手段を制御する制御手段と

を有することを特徴とするロボット装置。

【請求項 2】 上記制御手段は、上記状態の各表現要素に応じてパラメータが可変制御された表現単位により上記表現手段を制御する

ことを特徴とする請求項 1 記載のロボット装置。

【請求項 3】 上記表現手段は、発光素子を有し、上記互に独立して直交表現可能な複数の表現単位は、色相、彩度、明度及び発光パターンのうち 2 以上を含むことを特徴とする請求項 1 記載のロボット装置。

【請求項 4】 動物を模した外観形状とされ、

上記発光素子は、上記動物の眼に相当する位置に備えられることを特徴とする請求項 3 記載のロボット装置。

【請求項 5】 上記表現手段は、発音手段であり、上記互に独立して直交表現可能な複数の表現単位は、音の高さ、音量及びリズムのうち 2 以上を含むことを特徴とする請求項 1 記載のロボット装置。

【請求項 6】 上記対応付け手段は、上記対応づけを優先順位が異なる制御コマンドにより出力し、

上記制御手段は、優先順位が異なる複数の制御コマンドが発行された場合、該優先順位が高い制御コマンドを優先させる

ことを特徴とする請求項 1 記載のロボット装置。

【請求項 7】 複数の動作から少なくとも 1 つの動作を選択して実行するロボ

ット装置において、

パラメータにより可変制御される表現単位を有する表現手段と、

動作が選択されると、該動作に対してパラメータにより可変制御された上記表現単位が対応づけられた制御コマンドを発行するコマンド発行手段と、

上記制御コマンドにより上記表現手段を制御する制御手段とを有し、

上記制御コマンドは優先順位を有し、

上記制御手段は、優先順位が異なる複数の制御コマンドが発行された場合、該優先順位が高い制御コマンドに従って上記表現手段を制御する

ことを特徴とするロボット装置。

【請求項 8】 上記制御手段は、表現中の上記表現手段を制御している制御コマンドより優先順位が高い制御コマンドが発行された場合は、表現を中断して該優先順位が高い制御コマンドに従って上記表現手段を制御することを特徴とする請求項 7 記載のロボット装置。

【請求項 9】 上記制御手段は、上記優先順位が高い制御コマンドに従った表現が終了した時点で、上記中断した表現を再び開始することを特徴とする請求項 8 記載のロボット装置。

【請求項 10】 上記コマンド発行手段は、機体動作が記述された複数の行動記述モジュールであって、

上記行動記述モジュールは、選択されると自身の機体動作に応じた優先順位の制御コマンドを発行することを特徴とする請求項 7 記載のロボット装置。

【請求項 11】 内部状態又は認識状態に基づき選択される行動記述モジュールが発行する制御コマンドより、外部からの指令に基づき選択される行動記述モジュールが発行する制御コマンドの優先順位が高いことを特徴とする請求項 10 記載のロボット装置。

【請求項 12】 上記表現手段は、互いに直交する複数の表現単位を有することを特徴とする請求項 7 記載のロボット装置。

【請求項 13】 内部状態及び／又は外部刺激に基づき自律的な動作が可能なロボット装置の表現方法において、

上記内部状態及び／又は外部刺激に基づく互いに直交する複数の各状態と、表

現手段が有する相互に独立して直交表現可能な複数の表現単位の少なくとも1つとを対応付ける対応付け工程と、

上記対応付けられた表現単位を使用して、相互に直交する複数の状態を並列的に表現するよう上記表現手段を制御する制御工程と

を有することを特徴とするロボット装置の表現方法。

【請求項14】 上記制御工程では、上記状態の各表現要素に応じてパラメータが可変制御された表現単位により上記表現手段が制御される

ことを特徴とする請求項13記載のロボット装置の表現方法。

【請求項15】 上記対応付け工程では、上記対応づけが優先順位が異なる制御コマンドにより出力され、

上記制御工程では、優先順位が異なる複数の制御コマンドが発行された場合、該優先順位が高い制御コマンドが優先される

ことを特徴とする請求項13記載のロボット装置の表現方法。

【請求項16】 複数の動作から少なくとも1つの動作を選択して実行するロボット装置の表現方法において、

動作が選択されると、該動作に対して、表現手段が有するパラメータにより可変制御された表現単位が対応づけられた制御コマンドを発行するコマンド発行工程と、

上記制御コマンドにより上記表現手段を制御する制御工程とを有し、

上記制御コマンドは優先順位を有し、

上記制御工程では、優先順位が異なる複数の制御コマンドが発行された場合、該優先順位が高い制御コマンドに従って上記表現手段が制御される

ことを特徴とするロボット装置の表現方法。

【請求項17】 上記制御工程では、表現中の上記表現手段を制御している制御コマンドより優先順位が高い制御コマンドが発行された場合は、表現を中断して該優先順位が高い制御コマンドに従って上記表現手段が制御されることを特徴とする請求項16記載のロボット装置の表現方法。

【請求項18】 上記制御工程では、上記優先順位が高い制御コマンドに従った表現が終了した時点で、上記中断した表現が再び開始されることを特徴とする

請求項 17 記載のロボット装置の表現方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、外部刺激又は内部状態に応じて自律的に動作が可能な、例えば 2 足歩行型のロボット装置及びその状態表現方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

電氣的又は磁氣的な作用を用いて人間（生物）の動作に似た運動を行う機械装置を「ロボット装置」という。我が国においてロボット装置が普及し始めたのは、1960 年代末からであるが、その多くは、工場における生産作業の自動化・無人化等を目的としたマニピュレータ及び搬送ロボット装置等の産業用ロボット装置（Industrial Robot）であった。

【0003】

最近では、人間のパートナーとして生活を支援する、即ち住環境その他の日常生活上の様々な場面における人的活動を支援する実用ロボット装置の開発が進められている。このような実用ロボット装置は、産業用ロボット装置とは異なり、人間の生活環境の様々な局面において、個々に個性の相違した人間、又は様々な環境への適応方法を自ら学習する能力を備えている。例えば、犬又は猫のように 4 足歩行の動物の身体メカニズム及びその動作を模した「ペット型」ロボット装置、或いは、2 足直立歩行を行う人間等の身体メカニズム及びその動作をモデルにしてデザインされた「人間型」又は「人間形」ロボット装置（Humanoid Robot）等のロボット装置は、既に実用化されつつある。

【0004】

これらのロボット装置は、産業用ロボット装置と比較して、例えばエンターテインメント性を重視した様々な動作等を行うことができるため、エンターテインメントロボット装置と呼称される場合もある。また、そのようなロボット装置には、外部からの情報及び内部の状態に応じて自律的に動作するものがある。

【0005】

自律型のロボット装置であって、例えば犬等の動物を模倣したようなペット型のロボット装置においては、感情状態等の内部状態を表現する内部状態表現手段を設けることで、ユーザとのコミュニケーションを円滑化することができる。

【0006】

従来、この内部状態表現手段として、外見上の目として機能する発光装置を設けてこれを点滅させたり、又は頭部に角型の発光装置を搭載して色彩及び輝度を変化させたりする方法等が用いられている。

【0007】

例えば、下記特許文献1に記載されているロボット装置は、例えばユーザからの「叩く」や「撫でる」といった働きかけに対して「怒り」や「喜び」などの感情を表現し得るようにするため、ロボット装置において、外見上の目として機能する所定形状の発光手段を設けるようにして、この発光手段の点滅によってユーザに当該ロボット装置の感情を伝達するものである。

【0008】

このように、ロボット装置が感情状態を表現することができれば、ユーザがペット型ロボット装置とコミュニケーションを円滑に行うことができ、その分、ユーザのロボット装置に対するユーザの愛着心及び好奇心を向上させて、ロボット装置のエンターテインメント性をより一層向上させることができる。

【0009】

【特許文献1】

特開 2001-353674 号公報

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記特許文献1に記載されている従来のロボット装置は、異なる感情状態及び知覚認識処理状態を表現するためには、それら複数の状態を表現する分だけ、異なる数の表現手段を準備しなければならない。この表現手段としては、上述の発光手段の他にも、例えば音、又はアクチュエータ等をはじめとするリソースが考えられるが、家庭内環境等で自律的に活動することが求められるロボット装置を実現するためには、安全性及び可搬性の観点から、物理的な重量

及び大きさの制限があり、搭載できる表現手段には限界があるため、ロボット装置が有する状態の数だけの表現手段を準備することが困難であるという問題点がある。

【0011】

また、表現内容より少ない表現手段しか利用できない場合には、例えば、声が聞こえたイベント（知覚認識処理状態）を表示するときには、感情状態の表現は中断するというように、いずれかの表現内容についての表現を中断しなければ、異なる表現を出力することができないという問題点がある。

【0012】

また、感情表現方法に関しては、例えば、発光装置により表示する光の色が緑のときは「うれしい」、オレンジの時は「怒っている」等、感情状態が離散的な色彩表現でしか行われておらず、どの程度「うれしい」のか等、ユーザとの心理的な相互理解を深める上で欠かせない内部状態の連続的な表現を行うことができないという問題点もある。

【0013】

一方、発光装置の制御方法としては、色彩と輝度変化（発光パターン）とを同時に指定して、パターンファイルを作成し、あらかじめ用意されたパターンを再生する方法で発光を制御することが一般的である。

【0014】

しかしながら、色彩の変化と輝度の変化とを同時に指定して、パターンファイルを作成する場合、色彩変化と輝度変化とは必ず同時に指定する必要があるため、それぞれの表現手段に異なる意味を持たせて表現を行う際には、その組み合わせの分だけパターンファイルを用意する必要があり、組み合わせが多くなる場合にはコマンドの管理が煩雑になり、更に、このような複数のコマンドを管理することは、リソースの限られたロボット装置においては好ましくない。

【0015】

また、発光装置の制御コマンドは出力状態に変化があったときのみに発行するのが一般的で、新たなコマンドが発行されない限り、最後にコマンドが発行された状態のまま保持するという方法が一般的である。

【0016】

しかし、このように発光装置が色彩の変化及び輝度の変化と共に、コマンドを終了した時点での最後の状態がそのまま保持されるという仕様によって制御されている場合、定常的な状態表現を行っている際の割り込みイベント処理が困難である。即ち、感情状態の表現等のように定常的な状態表現を行っている状態でダンスパフォーマンスなど割り込みイベント処理が行われると、割り込みイベントが終了した時点で再度感情状態表現コマンドを発行しないと、ダンスパフォーマンスが終了した時点での点灯状態が残ってしまうという問題がある。

【0017】

この問題に対処するためには、定常的な状態表現のためのコマンドを発行する側が、割り込みイベントが終了するタイミングを監視して、再度コマンドを発行しなければならない。また、割り込みイベント処理が定常的な状態表現に対して優先されるべきコマンドであった場合、定常的な状態表現コマンド出力は優先コマンドの状態を監視して自らのコマンド出力を抑制するという処理を行わなければならない。

【0018】

行動を判断するオブジェクトは、それぞれ自律分散的に行動を記述した行動記述モジュールから構成され、任意のタイミングでコマンドを出力するため、上記のコマンド出力制御を行う場合などにおいては、行動記述モジュール内で他のモジュールの状態を監視する必要があるが、全てのモジュール内で割り込みイベントに対する処理を記述し、全てモジュール間の関係を監視することは極めて非効率的である。

【0019】

本発明は、このような従来の実情に鑑みて提案されたものであり、限られたリソースを高効率に使用することで、人間との円滑なコミュニケーションを実現する上で重要な情報である複雑多様な感情又は本能の状態や動作に応じた表現を行うことができるロボット装置及びロボット装置の状態表現方法を提供することを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】

上述した目的を達成するために、本発明に係るロボット装置は、内部状態及び／又は外部刺激に基づき自律的な動作が可能なロボット装置において、相互に独立して直交表現可能な複数の表現単位を有する表現手段と、上記内部状態及び／又は外部刺激に基づく互いに直交する複数の各状態と少なくとも1つの表現単位とを対応づける対応付け手段と、上記対応付けられた表現単位を使用して、互いに直交する複数の状態を並列的に表現するよう上記表現手段を制御する制御手段とを有することを特徴とする。

【0021】

本発明においては、表現手段は直交表現可能な複数の表現単位を有するため、複数の直交する状態を並列して表現することができると共に、これらの直交単位は、相互に独立して制御可能であるため、リソース競合することなく2以上の表現単位を組み合わせると同時に使用する等、表現手段を高効率に使用することで多くの状態を表現することができる。

【0022】

また、上記制御手段は、上記状態の各表現要素に応じてパラメータが可変制御された表現単位により上記表現手段を制御することができ、例えば感情状態の表現要素を示す感情の種類や感情の強度、認識状態の表現要素を示す認識対象物の種類等に応じて、例えば発光装置であれば色相や彩度（表現単位）のパラメータを可変制御することで、1つの表現単位により複数の表現要素を表現することができる。

【0023】

更に、上記表現手段は、発光ダイオード等の発光素子を有し、上記互に独立して直交表現可能な複数の表現単位は、色相、彩度、明度及び発光時間のうち2以上を含むものとして行うことができる。又は、表現手段を発音手段とし、上記互に独立して直交表現可能な複数の表現単位は、音の高さ、音量及びリズムのうち2以上を含むようにしてもよく、これらの表現単位を使用することで同時に異なる直交する表現を並列して行うことができる。

【0024】

更にまた、動物を模した外観形状とされ、上記発光素子は、上記動物の眼に相当する位置に備えられることができ、ロボット装置と人間とが対峙して会話等をする際のコミュニケーションが更に円滑化する。

【0025】

また、上記対応付け手段は、上記対応づけを優先順位が異なる制御コマンドにより出力し、上記制御手段は、優先順位が異なる複数の制御コマンドが発行された場合、該優先順位が高い制御コマンドを優先させることができ、これにより、制御コマンドを多重化して発行した際は、優先度が高い制御コマンドが優先され、表現手段が自動的に制御される。

【0026】

本発明に係るロボット装置は、複数の動作から少なくとも1つの動作を選択して実行するロボット装置において、パラメータにより可変制御される表現単位を有する表現手段と、動作が選択されると、該動作に対してパラメータにより可変制御された上記表現単位が対応づけられた制御コマンドを発行するコマンド発行手段と、上記制御コマンドにより上記表現手段を制御する制御手段とを有し、上記制御コマンドは優先順位を有し、上記制御手段は、優先順位が異なる複数の制御コマンドが発行された場合、該優先順位が高い制御コマンドに従って上記表現手段を制御することを特徴とする。

【0027】

本発明においては、選択された動作に応じた表現を行う表現手段を制御するコマンドに優先順位を有し、優先度が高い制御コマンドに従って表現手段が制御されるため、同時に複数の制御コマンドが発行されてもリソースの競合を防止することができる。

【0028】

また、上記制御手段は、表現中の上記表現手段を制御している制御コマンドより優先順位が高い制御コマンドが発行された場合は、表現を中断して該優先順位が高い制御コマンドに従って上記表現手段を制御し、更に上記優先順位が高い制御コマンドに従った表現が終了した時点で、上記中断した表現を再び開始することができ、上記表現手段は、制御コマンドの優先度に従い自動的に制御されるた

め、優先順位が高い制御コマンドの開始及び終了のタイミングを監視する必要がない。

【0029】

本発明に係るロボット装置の表現方法は、内部状態及び／又は外部刺激に基づき自律的な動作が可能なロボット装置の表現方法において、上記内部状態及び／又は外部刺激に基づく互いに直交する複数の各状態と、表現手段が有する相互に独立して直交表現可能な複数の表現単位の少なくとも1つとを対応付ける対応付け工程と、上記対応付けられた表現単位を使用して、相互に直交する複数の状態を並列的に表現するよう上記表現手段を制御する制御工程とを有することを特徴とする。

【0030】

本発明に係るロボット装置の表現方法は、複数の動作から少なくとも1つの動作を選択して実行するロボット装置の表現方法において、動作が選択されると、該動作に対して、表現手段が有するパラメータにより可変制御された表現単位が対応づけられた制御コマンドを発行するコマンド発行工程と、上記制御コマンドにより上記表現手段を制御する制御工程とを有し、上記制御コマンドは優先順位を有し、上記制御工程では、優先順位が異なる複数の制御コマンドが発行された場合、該優先順位が高い制御コマンドに従って上記表現手段が制御されることを特徴とする。

【0031】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を適用した具体的な実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。本実施の形態は、本発明を、人間との円滑なコミュニケーションを実現する上で重要な情報である感情状態及び知覚認識状態等の複数の状態や発現する動作に応じた表現を、複数の表現単位を有する表示手段を使用して表出するロボット装置に適用したものである。具体的には、ロボット装置は、2足歩行の人間型とし、表現手段としては、例えばその頭部の目及び耳に相当する位置に、表現単位として、色相、明度、彩度及び発光パターン等を時間的に独立に連続値で調節可能（直交表現可能）な発光装置を搭載し、これらの表現単位を組み合

わせて動作に応じた表現を行うものである。ここでは、先ず、本実施の形態におけるロボット装置の構成について説明する。

【0032】

(1) ロボット装置の構成

図1は、本実施の形態のロボット装置の外観を示す斜視図である。図1に示すように、ロボット装置1は、体幹部ユニット2の所定の位置に頭部ユニット3が連結されると共に、左右2つの腕部ユニット4R/Lと、左右2つの脚部ユニット5R/Lが連結されて構成されている（但し、R及びLの各々は、右及び左の各々を示す接尾辞である。）。

【0033】

図2は、本実施の形態におけるロボット装置の機能構成を模式的に示すブロック図である。図2に示すように、ロボット装置1は、全体の動作の統括的制御及びその他のデータ処理を行う制御ユニット20と、入出力部40と、駆動部50と、電源部60とで構成される。以下、各部について説明する。

【0034】

入出力部40は、入力部として人間の目に相当し、外部の状況を撮影するCCDカメラ15、及び耳に相当するマイクロフォン16や頭部や背中等の部位に配設され、所定の押圧を受けるとこれを電氣的に検出することで、ユーザの接触を感知するタッチ・センサ18、前方に位置する物体までの距離を測定するための距離センサ、五感に相当するその他の各種のセンサ等を含む。また、出力部として、頭部ユニット3に備えられ、人間の口に相当するスピーカ17、及び人間の目の位置に設けられ、点滅の組み合わせ、点灯のタイミング及び発色等により、内部状態の変化及び／又は外部刺激に基づく複数の状態、即ち感情状態や視覚認識状態等を表現する表現手段として、本実施の形態においては、後述するLED発光装置19等を装備している。これら出力部は、音声やLED発光装置19の点滅等、脚等による機械運動パターン以外の形式でもロボット装置1からのユーザ・フィードバックを表現することができる。

【0035】

例えば頭部ユニットの頭頂部の所定箇所に複数のタッチ・センサ18を設け、

各タッチ・センサ18における接触検出を複合的に活用して、ユーザからの働きかけ、例えばロボット装置1の頭部を「撫でる」「叩く」「軽く叩く」等を検出することができ、これに応じた内部状態の変化をLED発光装置19によって表現する。ここで、例えば、押圧センサのうちの幾つかが所定時間において順次接触したことを検出した場合、これを「撫でられた」と判別し、短時間のうちに接触を検出した場合、「叩かれた」と判別する等、場合分けして、これに応じた内部状態の変化をLED発光装置の動作に反映することにより表現する。

【0036】

駆動部50は、制御ユニット20が指令する所定の運動パターンに従ってロボット装置1の機体動作を実現する機能ブロックであり、行動制御による制御対象である。駆動部50は、ロボット装置1の各関節における自由度を実現するための機能モジュールであり、それぞれの関節におけるロール、ピッチ、ヨー等各軸毎に設けられた複数の駆動ユニット54₁～54_nで構成される。各駆動ユニット54₁～54_nは、所定軸回りの回転動作を行うモータ51₁～51_nと、モータ51₁～51_nの回転位置を検出するエンコーダ52₁～52_nと、エンコーダ52₁～52_nの出力に基づいてモータ51₁～51_nの回転位置や回転速度を適応的に制御するドライバ53₁～53_nとの組み合わせで構成される。

【0037】

本ロボット装置1は、2足歩行としたが、駆動ユニットの組み合わせ方によって、ロボット装置1を例えば4足歩行等の脚式移動ロボット装置として構成することもできる。

【0038】

電源部60は、その字義通り、ロボット装置1内の各電気回路等に対して給電を行う機能モジュールである。本実施の形態に係るロボット装置1は、バッテリーを用いた自律駆動式であり、電源部60は、充電バッテリー61と、充電バッテリー61の充放電状態を管理する充放電制御部62とで構成される。

【0039】

充電バッテリー61は、例えば、複数本のリチウムイオン2次電池セルをカートリッジ式にパッケージ化した「バッテリー・パック」の形態で構成される。

【0040】

また、充放電制御部 62 は、バッテリー 61 の端子電圧や充電／放電電流量、バッテリー 61 の周囲温度等を測定することでバッテリー 61 の残存容量を把握し、充電の開始時期や終了時期等を決定する。充放電制御部 62 が決定する充電の開始及び終了時期は制御ユニット 20 に通知され、ロボット装置 1 が充電オペレーションを開始及び終了するためのトリガとなる。

【0041】

制御ユニット 20 は、人間の「頭脳」に相当し、例えばロボット装置 1 の機体頭部あるいは胴体部等に搭載することができる。

【0042】

図 3 は、制御ユニット 20 の構成を更に詳細に示すブロック図である。図 3 に示すように、制御ユニット 20 は、メイン・コントローラとしての CPU (Central Processing Unit) 21 が、メモリ及びその他の各回路コンポーネントや周辺機器とバス接続された構成となっている。バス 28 は、データ・バス、アドレス・バス、コントロール・バス等を含む共通信号伝送路である。バス 28 上の各装置にはそれぞれに固有のアドレス（メモリ・アドレス又は I/O アドレス）が割り当てられている。CPU 21 は、アドレスを指定することによってバス 28 上の特定の装置と通信することができる。

【0043】

RAM (Random Access Memory) 22 は、DRAM (Dynamic RAM) 等の揮発性メモリで構成された書き込み可能メモリであり、CPU 21 が実行するプログラム・コードをロードしたり、実行プログラムによる作業データの一時的に保存したりするために使用される。

【0044】

ROM (Read Only Memory) 23 は、プログラムやデータを恒久的に格納する読み出し専用メモリである。ROM 23 に格納されるプログラム・コードには、ロボット装置 1 の電源投入時に実行する自己診断テスト・プログラムや、ロボット装置 1 の動作を規定する動作制御プログラム等が挙げられる。

【0045】

ロボット装置 1 の制御プログラムには、カメラ 15 やマイクロフォン 16 等のセンサ入力処理してシンボルとして認識する「センサ入力・認識処理プログラム」、短期記憶や長期記憶等の後述する記憶動作を司りながらセンサ入力と所定の行動制御モデルとに基づいてロボット装置 1 の行動を制御する「行動制御プログラム」、行動制御モデルに従って各関節モータの駆動やスピーカ 17 の音声出力等を制御する「駆動制御プログラム」等が含まれる。

【0046】

不揮発性メモリ 24 は、例えば E E P R O M (Electrically Erasable and Programmable ROM) のように電氣的に消去再書き込みが可能なメモリ素子で構成され、逐次更新すべきデータを不揮発的に保持するために使用される。逐次更新すべきデータには、暗号鍵やその他のセキュリティ情報、出荷後にインストールすべき装置制御プログラム等が挙げられる。

【0047】

インターフェース 25 は、制御ユニット 20 外の機器と相互接続し、データ交換を可能にするための装置である。インターフェース 25 は、例えば、カメラ 15、マイクロフォン 16、又はスピーカ 17 等との間でデータ入出力を行う。また、インターフェース 25 は、駆動部 50 内の各ドライバ 53₁ ~ 53_n との間でデータやコマンドの入出力を行う。

【0048】

また、インターフェース 25 は、R S (Recommended Standard) - 232 C 等のシリアル・インターフェース、I E E E (Institute of Electrical and electronics Engineers) 1284 等のパラレル・インターフェース、U S B (Universal Serial Bus) インターフェース、i - L i n k (I E E E 1394) インターフェース、S C S I (Small Computer System Interface) インターフェース、P C カードやメモリ・スティックを受容するメモリ・カード・インターフェース (カード・スロット) 等のような、コンピュータの周辺機器接続用の汎用インターフェースを備え、ローカル接続された外部機器との間でプログラムやデータの移動を行うようにしてもよい。

【0049】

また、インターフェース 25 の他の例として、赤外線通信 (I r D A) インターフェースを備え、外部機器と無線通信を行うようにしてもよい。

【0050】

更に、制御ユニット 20 は、無線通信インターフェース 26 やネットワーク・インターフェース・カード (N I C) 27 等を含み、B l u e t o o t h のような近接無線データ通信や、I E E E 802.11b のような無線ネットワーク、あるいはインターネット等の広域ネットワークを経由して、外部のさまざまなホスト・コンピュータとデータ通信を行うことができる。

【0051】

このようなロボット装置 1 とホスト・コンピュータ間におけるデータ通信により、遠隔のコンピュータ資源を用いて、ロボット装置 1 の複雑な動作制御を演算したり、リモート・コントロールしたりすることができる。

【0052】

(2) ロボット装置の制御システム

次に、ロボット装置の行動 (動作) 制御システムについて説明する。図 4 は、本実施の形態におけるロボット装置 1 の行動制御システム 10 の機能構成を示す模式図である。本実施の形態におけるロボット装置 1 は、外部刺激の認識結果や内部状態の変化に応じて、自身の状態を表現すると共に、行動制御を行なうことができるものである。また、長期記憶機能を備え、外部刺激から内部状態の変化を連想記憶することにより、外部刺激の認識結果や内部状態の変化に応じて行動制御を行うことができ、外部刺激の認識結果や内部状態の変化を後述する表現手段にて表現することができるものである。

【0053】

ここで、外的刺激とは、ロボット装置 1 がセンサ入力を認識して得られた知覚情報であり、例えば、カメラ 15 から入力された画像に対して処理された色情報、形情報、顔情報等であり、より具体的には、色、形、顔、3D 一般物体、ハンドジェスチャー、動き、音声、接触、匂い、味等の構成要素からなる。

【0054】

また、内部状態とは、例えば、人間の本能や感情等の情動をモデル化したもの

で、ロボット装置の身体に基づいた情動を指す。本能的要素は、例えば、疲れ (fatigue)、熱あるいは体内温度 (temperature)、痛み (pain)、食欲あるいは飢え (hunger)、乾き (thirst)、愛情 (affection)、好奇心 (curiosity)、排泄 (elimination) 又は性欲 (sexual) のうちの少なくとも1つである。また、情動的要素は、幸せ (happiness)、悲しみ (sadness)、怒り (anger)、驚き (surprise)、嫌悪 (disgust)、恐れ (fear)、苛立ち (frustration)、退屈 (boredom)、睡眠 (somnolence)、社交性 (gregariousness)、根気 (patience)、緊張 (tense)、リラックス (relaxed)、警戒 (alertness)、罪 (guilt)、悪意 (spite)、誠実さ (loyalty)、服従性 (submission) 又は嫉妬 (jealousy) のうちの少なくとも1つである。

【0055】

図示の動作制御システム10には、オブジェクト指向プログラミングを採り入れて実装することができる。この場合、各ソフトウェアは、データとそのデータに対する処理手続きとを一体化させた「オブジェクト」というモジュール単位で扱われる。また、各オブジェクトは、メッセージ通信と共有メモリを使ったオブジェクト間通信方法によりデータの受け渡しと *Invoke* を行なうことができる。

【0056】

行動制御システム10は、外部状況を含む外部環境 (Environment) 70を認識するために、視覚認識機能部81、聴覚認識機能部82、及び接触認識機能部83等の機能モジュールからなる状態認識部80を備えている。

【0057】

視覚認識機能部 (Video) 81は、例えば、CCD (Charge Coupled Device: 電荷結合素子) カメラのような画像入力装置を介して入力された撮影画像を基に、顔認識や色認識等の画像認識処理や特徴抽出を行う。

【0058】

また、聴覚認識機能部 (Audio) 82は、マイク等の音声入力装置を介して入力される音声データを音声認識して、特徴抽出したり、単語セット (テキスト) 認識を行ったりする。

【0059】

更に、接触認識機能部 (Tactile) 83は、例えば機体の頭部等に内蔵された接触センサによるセンサ信号を認識して、「なでられた」とか「叩かれた」という外部刺激を認識する。

【0060】

内部状態管理部 (ISM: Internal State Model) 91は、本能や感情といった数種類の情動を数式モデル化して管理しており、上述の視覚認識機能部81と、聴覚認識機能部82と、接触認識機能部83によって認識された外部刺激 (ES: External Stimulus) に応じてロボット装置1の本能や情動といった内部状態を管理する。

【0061】

感情モデル及び本能モデル (感情・本能モデル) は、それぞれ認識結果と行動履歴を入力に持ち、夫々感情値と本能値を管理している。行動モデルは、これら感情値や本能値を参照することができる。

【0062】

また、外部刺激の認識結果や内部状態の変化に応じて行動制御を行なうために、時間の経過とともに失われる短期的な記憶を行なう短期記憶部 (STM: Short Term Memory) 92と、情報を比較的長期間保持するための長期記憶部 (LTM: Long Term Memory) 93を備えている。短期記憶と長期記憶という記憶メカニズムの分類は神経心理学に依拠する。

【0063】

短期記憶部92は、上述の視覚認識機能部81、聴覚認識機能部82及び接触認識機能部83によって外部環境から認識されたターゲットやイベントを短期間保持する機能モジュールである。例えば、図2に示すカメラ15からの入力画像を約15秒程度の短い期間だけ記憶する。

【0064】

長期記憶部93は、物の名前等学習により得られた情報を長期間保持するために使用される。長期記憶部93は、例えば、ある行動記述モジュールにおいて外部刺激から内部状態の変化を連想記憶することができる。

【0065】

また、本ロボット装置1の行動制御は、反射行動部（Reflexive Situated Behavior Layer）103によって実現される「反射行動」と、状況依存行動階層（SBL: Situated Behavior Layer）102によって実現される「状況依存行動」と、熟考行動階層（Deliberative Layer）101によって実現される「熟考行動」に大別される。

【0066】

反射行動部103は、上述の視覚認識機能部81、聴覚認識機能部82、及び接触認識機能部83によって認識された外部刺激に応じて反射的な機体動作を実現する機能モジュールである。

【0067】

反射行動とは、基本的に、センサ入力された外部情報の認識結果を直接受けて、これを分類して、出力行動を直接決定する行動のことである。例えば、人間の顔を追いかけたり、うなずいたりといった振る舞いは反射行動として実装することが好ましい。

【0068】

状況依存行動階層102は、短期記憶部92及び長期記憶部93の記憶内容や、内部状態管理部91によって管理される内部状態を基に、ロボット装置1が現在置かれている状況に即応した行動を制御する。

【0069】

状況依存行動階層102は、各行動毎にステートマシンを用意しており、それ以前の行動や状況に依存して、センサ入力された外部情報の認識結果を分類して、行動を機体上で発現する。また、状況依存行動階層102は、内部状態をある範囲に保つための行動（「ホメオスタシス行動」とも呼ぶ）も実現し、内部状態が指定した範囲内を超えた場合には、その内部状態を当該範囲内に戻すための行動が出現し易くなるようにその行動を活性化させる（実際には、内部状態と外部環境の両方を考慮した形で行動が選択される）。状況依存行動は、反射行動に比し、反応時間が遅い。

【0070】

熟考行動階層 101 は、短期記憶部 92 及び長期記憶部 93 の記憶内容に基づいて、ロボット装置 1 の比較的長期にわたる行動計画等を行う。

【0071】

熟考行動とは、与えられた状況あるいは人間からの命令により、推論やそれを実現するための計画を立てて行われる行動のことである。例えば、ロボット装置の位置と目標の位置から経路を探索することは熟考行動に相当する。このような推論や計画は、ロボット装置 1 がインタラクションを保つための反応時間よりも処理時間や計算負荷を要する（すなわち処理時間がかかる）可能性があるので、上記の反射行動や状況依存行動がリアルタイムで反応を返ししながら、熟考行動は推論や計画を行う。

【0072】

熟考行動階層 101、状況依存行動階層 102、及び反射行動部 103 は、ロボット装置 1 のハードウェア構成に非依存の上位のアプリケーション・プログラムとして記述することができる。これに対し、ハードウェア依存層制御部 (Configuration Dependent Actions And Reactions) 104 は、これら上位アプリケーション、即ち、行動記述モジュール (スキーマ) からの命令に応じて、関節アクチュエータの駆動等の機体のハードウェア (外部環境) を直接操作する。このような構成により、ロボット装置 1 は、制御プログラムに基づいて自己及び周囲の状況を判断し、使用者からの指示及び働きかけに応じて自律的に行動できる。

【0073】

次に、行動制御システム 10 について更に詳細に説明する。図 5 は、本実施の形態における行動制御システム 10 のオブジェクト構成を示す模式図である。

【0074】

図 5 に示すように、視覚認識機能部 81 は、Face Detector 114、Mulit Color Tracker 113、Face Identify 115 という 3 つのオブジェクトで構成される。

【0075】

Face Detector 114 は、画像フレーム中から顔領域を検出するオブジェクトであり、検出結果を Face Identify 115 に出力する。Mulit Color Tracker 11

3 は、色認識を行うオブジェクトであり、認識結果をFace Identify 1 1 5 及びShort Term Memory (S T M) 9 2 に出力する。また、Face Identify 1 1 5 は、検出された顔画像を手持ちの人物辞書で検索する等して人物の識別を行ない、顔画像領域の位置、大きさ情報とともに人物の I D 情報を S T M 9 2 に出力する。

【 0 0 7 6 】

聴覚認識機能部 8 2 は、Audio Recog 1 1 1 とSpeech Recog 1 1 2 という 2 つのオブジェクトで構成される。Audio Recog 1 1 1 は、マイク等の音声入力装置からの音声データを受け取って、特徴抽出と音声区間検出を行うオブジェクトであり、音声区間の音声データの特徴量及び音源方向をSpeech Recog 1 1 2 や S T M 9 2 に出力する。Speech Recog 1 1 2 は、Audio Recog 1 1 1 から受け取った音声特徴量と音声辞書及び構文辞書を使って音声認識を行うオブジェクトであり、認識された単語のセットを S T M 9 2 に出力する。

【 0 0 7 7 】

触覚認識記憶部 8 3 は、接触センサからのセンサ入力を実認識するTactile Sensor 1 1 9 というオブジェクトで構成され、認識結果は S T M 9 2 や内部状態を管理するオブジェクトであるInternal State Model (I S M) 9 1 に出力する。

【 0 0 7 8 】

S T M 9 2 は、短期記憶部を構成するオブジェクトであり、上述の認識系の各オブジェクトによって外部環境から認識されたターゲットやイベントを短期間保持（例えばカメラ 1 5 からの入力画像を約 1 5 秒程度の短い期間だけ記憶する）する機能モジュールであり、S T M クライアントである S B L 1 0 2 に対して外部刺激の通知 (N o t i f y) を定期的に行なう。

【 0 0 7 9 】

L T M 9 3 は、長期記憶部を構成するオブジェクトであり、物の名前等学習により得られた情報を長期間保持するために使用される。L T M 9 3 は、例えば、ある行動記述モジュール（スキーマ）において外部刺激から内部状態の変化を連想記憶することができる。

【 0 0 8 0 】

I S M 9 1 は、内部状態管理部を構成するオブジェクトであり、本能や感情と

いった数種類の情動を数式モデル化して管理しており、上述の認識系の各オブジェクトによって認識された外部刺激（E S : External Stimulus）に応じてロボット装置 1 の本能や情動といった内部状態を管理する。

【0081】

S B L 1 0 2 は状況依存型行動階層を構成するオブジェクトである。S B L 1 0 2 は、S T M 9 2 のクライアント（S T M クライアント）となるオブジェクトであり、S T M 9 2 からは定期的に外部刺激（ターゲットやイベント）に関する情報の通知（N o t i f y）を受け取ると、スキーマ（Schema）すなわち実行すべき行動記述モジュールを決定する（後述）。

【0082】

Reflexive S B L（Situating Behavior Layer）1 0 3 は、反射的行動部を構成するオブジェクトであり、上述した認識系の各オブジェクトによって認識された外部刺激に応じて反射的・直接的な機体動作を実行する。例えば、人間の顔を追いかけたり、うなずく、障害物の検出により咄嗟に避けるといった振る舞いを行なう。

【0083】

S B L 1 0 2 は外部刺激や内部状態の変化等の状況に応じた動作を選択する。これに対し、Reflexive S B L 1 0 3 は、外部刺激に応じて反射的な動作を選択する。これら 2 つのオブジェクトによる行動選択は独立して行なわれるため、互いに選択された行動記述モジュール（スキーマ）を機体上で実行する場合に、ロボット装置 1 のハードウェア・リソースが競合して実現不可能なこともある。R M（Resource Manager）1 1 6 というオブジェクトは、S B L 1 0 2 と Reflexive S B L 1 0 3 とによる行動選択時のハードウェアの競合を調停する。そして、調停結果に基づいて機体動作を実現する各オブジェクトに通知することにより機体が駆動する。

【0084】

Sound Performer 1 7 2、Motion Controller 1 7 3、L E D Controller 1 7 4 は、機体動作を実現するオブジェクトである。Sound Performer 1 7 2 は、音声出力を行うためのオブジェクトであり、R M 1 1 6 経由で S B L 1 0 2 から与え

られたテキスト・コマンドに応じて音声合成を行い、ロボット装置 1 の機体上のスピーカから音声出力を行う。また、Motion Controller 173 は、機体上の各関節アクチュエータの動作を行なうためのオブジェクトであり、RM 116 経由で SBL 102 から手や脚等を動かすコマンドを受けたことに応答して、該当する関節角を計算する。また、LED Controller 174 は、LED 発光装置 19 の色彩を制御したり、点滅動作を行なうためのオブジェクトであり、RM 116 経由で SBL 102 からコマンドを受けたことに応答して LED 発光装置 19 の点滅駆動を行なう。ここで、本実施の形態における LED 発光装置 19 は、直交する複数の状態を並列表現可能であり、LED Controller 174 は、後述するように発光装置 19 が有する複数の直交表現可能な表現単位を使用して発光装置 19 を制御する。

【0085】

(2-1) 状況依存行動制御

次に、状況依存行動階層について更に詳細に説明する。図 6 には、状況依存行動階層 (SBL) (但し、反射行動部を含む) による状況依存行動制御の形態を模式的に示している。認識系の視覚認識機能部 81、聴覚認識機能部 82、及び接触認識機能部 83 の機能モジュールによる外部環境 70 の認識結果 (センサ情報) 182 は、外部刺激 183 として状況依存行動階層 (反射行動部 103 を含む) 102a に与えられる。また、認識系による外部環境 70 の認識結果に応じた内部状態又は内部状態の変化 (内部刺激) 184 も状況依存行動階層 102a に与えられる。そして、状況依存行動階層 102a では、外部刺激 183 や内部状態の変化 184 に応じて状況を判断して、行動選択を実現することができる。

【0086】

図 7 には、図 6 に示した反射行動部 103 を含む状況依存行動階層 (SBL) 102a による行動制御の基本的な動作例を示している。同図に示すように、状況依存行動階層 102a では、外部刺激 183 や内部状態の変化 184 によって各行動記述モジュール (スキーマ) のアクティベーションレベルを算出し、このアクティベーションレベルの度合いに応じてスキーマを選択して行動 (動作) を実行する。アクティベーションレベルの算出には、例えばライブラリ 185 を利

用することにより、すべてのスキーマについて統一的な計算処理を行なうことができる（以下、同様）。例えば、アクティベーションレベルが最も高いスキーマを選択したり、アクティベーションレベルが所定の閾値を超えた2以上のスキーマを選択して並列的に行動実行するようにしてもよい（但し、並列実行するときは各スキーマどうしでハードウェア・リソースの競合がないことを前提とする）。

【0087】

また、図8には、図6に示した状況依存行動階層102aにより反射行動を行なう場合の動作例を示している。この場合、同図に示すように、状況依存行動階層102aに含まれる反射行動部（Reflexive SBL）103は、認識系の各オブジェクトによって認識された外部刺激183を直接入力としてアクティベーションレベルを算出して、アクティベーションレベルの度合いに応じてスキーマを選択して行動を実行する。この場合、内部状態の変化184は、アクティベーションレベルの計算には使用されない。

【0088】

また、図9には、図6に示した状況依存行動階層102により感情表現を行なう場合の動作例を示している。内部状態管理部91では、本能や感情等の情動を数式モデルとして管理しており、情動パラメータの状態値が所定値に達したことに応答して、状況依存行動階層102に内部状態の変化184を通知（Notify）する。状況依存行動階層102は、内部状態の変化184を入力としてアクティベーションレベルを算出して、アクティベーションレベルの度合いに応じてスキーマを選択して行動を実行する。この場合、認識系の各オブジェクトによって認識された外部刺激183は、内部状態管理部（ISM）91における内部状態の管理・更新に利用されるが、スキーマのアクティベーションレベルの算出には使用されない。

【0089】

（2-2）スキーマ

図10には、状況依存行動階層102が複数のスキーマ121によって構成されている様子を模式的に示している。状況依存行動階層102は、各行動記述モ

ジュール、即ちスキーマ毎にステートマシンを用意しており、それ以前の行動（動作）や状況に依存して、センサ入力された外部情報の認識結果を分類し、動作を機体上で発現する。スキーマは、外部刺激や内部状態に応じた状況判断を行なう Monitor 機能と、行動実行に伴う状態遷移（ステートマシン）を実現する Action 機能とを備えたスキーマ（Schema）121として記述される。

【0090】

状況依存行動階層 102b（より厳密には、状況依存行動階層 102のうち、通常の状態依存行動を制御する階層）は、複数のスキーマ121が階層的に連結されたツリー構造として構成され、外部刺激や内部状態の変化に応じてより最適なスキーマ121を統合的に判断して行動制御を行なうようになっている。このツリー122は、例えば動物行動学的（Ethological）な状況依存行動を数式化した行動モデルや、感情表現を実行するためのサブツリー等、複数のサブツリー（又は枝）を含んでいる。

【0091】

図11には、状況依存行動階層102におけるスキーマのツリー構造を模式的に示している。同図に示すように、状況依存行動階層102は、短期記憶部92から外部刺激の通知（Notify）を受けるルート・スキーマ201₁、202₁、203₁を先頭に、抽象的な行動カテゴリから具体的な行動カテゴリに向かうように、各階層毎にスキーマが配設されている。例えば、ルート・スキーマの直近下位の階層では、「探索する（Investigate）」、「食べる（Ingestive）」、「遊ぶ（Play）」というスキーマ201₂、202₂、203₂が配設される。そして、スキーマ201₂「探索する（Investigate）」の下位には、「Investigative Locomotion」、「Head in Air Sniffing」、「Investigative Sniffing」というより具体的な探索行動を記述した複数のスキーマ201₃が配設されている。同様に、スキーマ202₂「食べる（Ingestive）」の下位には「Eat」や「Drink」等のより具体的な飲食行動を記述した複数のスキーマ202₃が配設され、スキーマ203₂「遊ぶ（Play）」の下位には「Play Bowling」、「Play Greeting」

、「Play P a w i n g」等のより具体的な遊ぶ行動を記述した複数のスキーマ 2033 が配設されている。

【0092】

図示の通り、各スキーマは外部刺激 183 と内部状態（の変化）184 を入力としている。また、各スキーマは、少なくとも M o n i t o r 関数と A c t i o n と関数を備えている。

【0093】

ここで、M o n i t o r 関数とは、外部刺激と内部状態の変化に応じて当該スキーマのアクティベーションレベル（Activation Level：AL 値）を算出する関数である。図 11 に示すようなツリー構造を構成する場合、上位（親）のスキーマは外部刺激と内部状態の変化を引数として下位（子供）のスキーマの M o n i t o r 関数をコールすることができ、子供のスキーマはアクティベーションレベルを返り値とする。また、スキーマは自分のアクティベーションレベルを算出するために、更に子供のスキーマの M o n i t o r 関数をコールすることができる。そして、ルートのスキーマには各サブツリーからのアクティベーションレベルが返されるので、外部刺激と内部状態の変化に応じた最適なスキーマすなわち行動を統合的に判断することができる。

【0094】

例えばアクティベーションレベルが最も高いスキーマを選択したり、アクティベーションレベルが所定の閾値を超えた 2 以上のスキーマを選択して並列的に行動実行するようにしてもよい（但し、並列実行するときは各スキーマどうしでハードウェア・リソースの競合がないことを前提とする）。

【0095】

また、A c t i o n 関数は、スキーマ自身が持つ行動を記述したステートマシンを備えている。図 11 に示すようなツリー構造を構成する場合、親スキーマは、A c t i o n 関数をコールして、子供スキーマの実行を開始したり中断させたりすることができる。本実施の形態では、A c t i o n のステートマシンは R e a d y にならないと初期化されない。言い換えれば、中断しても状態はリセットされず、スキーマが実行中の作業データを保存することから、中断再実行が可能

である。

【0096】

図12には、状況依存行動階層102において通常の状態依存行動を制御するためのメカニズムを模式的に示している。

【0097】

同図に示すように、状況依存行動階層(SBL)102には、短期記憶部(STM)92から外部刺激183が入力(Notify)されるとともに、内部状態管理部91から内部状態の変化184が入力される。状況依存行動階層102は、例えば動物行動学的(Ethological)な状況依存行動を数式化した行動モデルや、感情表現を実行するためのサブツリー等、複数のサブツリーで構成されており、ルート・スキーマは、外部刺激183の通知(Notify)に応答して、各サブツリーのMonitor関数をコールし、その返り値としてのアクティベーションレベル(AL)値を参照して、統合的な行動選択を行ない、選択された行動を実現するサブツリーに対してAction関数をコールする。また、状況依存行動階層102において決定された状況依存行動は、リソース・マネージャRM116により反射行動部103による反射的行動とのハードウェア・リソースの競合の調停を経て、機体動作(Motion Controller)に適用される。

【0098】

また、状況依存行動層102のうち、反射的行動部103は、上述した認識系の各オブジェクトによって認識された外部刺激183に応じて、例えば、障害物の検出により咄嗟に避ける等、反射的・直接的な機体動作を実行する。このため、図11に示す通常の状態依存行動を制御する場合とは相違し、図10に示すように、認識系の各オブジェクトからの信号を直接入力する複数のスキーマ132が階層化されずに並列的に配置されている。

【0099】

図13には、反射行動部103におけるスキーマの構成を模式的に示している。同図に示すように、反射行動部103には、聴覚系の認識結果に応答して動作するスキーマとしてAvoid Big Sound204、Face to Big Sound205及びNodding Sound209、視覚系の認識結果に応答して動作するスキーマとしてFace to

Moving Object 206 及び Avoid Moving Object 207、並びに、触覚系の認識結果に応答して動作するスキーマとして手を引っ込める 208 が、それぞれ対等な立場で（並列的に）配設されている。

【0100】

図示の通り、反射的行動を行なう各スキーマは外部刺激 183 を入力に持つ。また、各スキーマは、少なくとも Monitor 関数と Action 関数を備えている。Monitor 関数は、外部刺激 183 に応じて当該スキーマのアクティベーションレベルを算出して、これに応じて該当する反射的行動を発現すべきかどうか判断される。また、Action 関数は、スキーマ自身が持つ反射的行動を記述したステートマシン（後述）を備えており、コールされることにより、該当する反射的行動を発現するとともに Action の状態を遷移させていく。

【0101】

図 14 には、反射行動部 103 において反射的行動を制御するためのメカニズムを模式的に示している。図 13 にも示したように、反射行動部 103 内には、反応行動を記述したスキーマや、即時的な応答行動を記述したスキーマが並列的に存在している。状態認識部 80 を構成する各オブジェクトから認識結果が入力されると、対応する反射行動スキーマが Monitor 関数によりアクティベーションレベルを算出し、その値に応じて Action を軌道すべきかどうか判断される。そして、反射行動部 103 において起動が決定された反射的行動は、リソース・マネージャ RM 116 により状況依存行動階層 102 による状況依存行動とのハードウェア・リソースの競合の調停を経て、機体動作（Motion Controller 173）に適用される。

【0102】

状況依存行動階層 102 及び反射行動部 103 を構成するスキーマは、例えば C++ 言語ベースで記述される「クラス・オブジェクト」として記述することができる。図 15 には、状況依存行動階層 102 において使用されるスキーマのクラス定義を模式的に示している。同図に示されている各ブロックはそれぞれ 1 つのクラス・オブジェクトに相当する。

【0103】

図示の通り、状況依存行動階層 (SBL) 102は、1以上のスキーマと、SBL 102の入出力イベントに対してIDを割り振るEvent Data Handler (EDH) 211と、SBL 102内のスキーマを管理するSchema Handler (SH) 212と、外部オブジェクト (STMやLTM、リソース・マネージャ、認識系の各オブジェクト等) からデータを受信する1以上のReceive Data Handler (RDH) 213と、外部オブジェクトにデータを送信する1以上のSend Data Handler (SDH) 214とを備えている。

【0104】

Schema Handler 212は、状況依存行動階層 (SBL) 102や反射行動部 103を構成する各スキーマやツリー構造等の情報 (SBLのコンフィギュレーション情報) をファイルとして保管している。例えばシステムの起動時等に、Schema Handler 212は、このコンフィギュレーション情報ファイルを読み込んで、図11に示したような状況依存行動階層 102のスキーマ構成を構築 (再現) して、メモリ空間上に各スキーマのエンティティをマッピングする。

【0105】

各スキーマは、スキーマのベースとして位置付けられるOpenR_Guest 215を備えている。OpenR_Guest 215は、スキーマが外部にデータを送信するためのDsubject 216、並びに、スキーマが外部からデータを受信するためのDObject 217というクラス・オブジェクトをそれぞれ1以上備えている。例えば、スキーマが、SBL 102の外部オブジェクト (STMやLTM、認識系の各オブジェクト等) にデータを送るときには、Dsubject 216はSend Data Handler 214に送信データを書き込む。また、DObject 217は、SBL 102の外部オブジェクトから受信したデータをReceive Data Handler 213から読み取ることができる。

【0106】

Schema Manager 218及びSchema Base 219は、ともにOpenR_Guest 215を継承したクラス・オブジェクトである。クラス継承は、元のクラスの定義を受け継ぐことであり、この場合、OpenR_Guest 215で定義されているDsubject 21

6やDObject 217等のクラス・オブジェクトをSchema Manager Base 218やSchema Base 219も備えていることを意味する（以下、同様）。例えば図11に示すように複数のスキーマがツリー構造になっている場合、Schema Manager Base 218は、子供のスキーマのリストを管理するクラス・オブジェクトSchema List 220を持ち（子供のスキーマへのポインタを持ち）、子供スキーマの関数をコールすることができる。また、Schema Base 219は、親スキーマへのポインタを持ち、親スキーマからコールされた関数の返り値を戻すことができる。

【0107】

Schema Base 219は、State Machine 221及びPronome 222という2つのクラス・オブジェクトを持つ。State Machine 221は当該スキーマの行動（Action関数）についてのステートマシンを管理している。親スキーマは子供スキーマのAction関数のステートマシンを切り替える（状態遷移させる）ことができる。また、Pronome 222には、当該スキーマが行動（Action関数）を実行又は適用するターゲットを代入する。後述するように、スキーマはPronome 222に代入されたターゲットによって占有され、行動（動作）が終了（完結、異常終了等）するまでスキーマは解放されない。新規のターゲットのために同じ行動を実行するためには同じクラス定義のスキーマをメモリ空間上に生成する。この結果、同じスキーマをターゲット毎に独立して実行することができ（個々のスキーマの作業データが干渉し合うことはなく）、後述する行動のReentrance性が確保される。

【0108】

Parent Schema Base 223は、Schema Manager 218及びSchema Base 219を多重継承するクラス・オブジェクトであり、スキーマのツリー構造において、当該スキーマ自身についての親スキーマ及び子供スキーマすなわち親子関係を管理する。

【0109】

Intermediate Parent Schema Base 224は、Parent Schema Base 223を継承するクラス・オブジェクトであり、各クラスのためのインターフェース変換を実現する。また、Intermediate Parent Schema Base 224は、Schema Status I

nfo 225を持つ。このSchema Status Info 225は、当該スキーマ自身のステートマシンを管理するクラス・オブジェクトである。親スキーマは、子供スキーマのAction関数をコールすることによってそのステートマシンの状態を切り換えることができる。また、子供スキーマのMonitor関数をコールしてそのステートマシンの常態に応じたアクティベーションレベルを問うことができる。但し、スキーマのステートマシンは、前述したAction関数のステートマシンとは異なるということを留意されたい。

【0110】

And Parent Schema 226、Num Or Parent Schema 227、Or Parent Schema 228は、Intermediate Parent Schema Base 224を継承するクラス・オブジェクトである。And Parent Schema 226は、同時実行する複数の子供スキーマへのポインタを持つ。Or Parent Schema 228は、いずれか択一的に実行する複数の子供スキーマへのポインタを持つ。また、Num Or Parent Schema 227は、所定数のみを同時実行する複数の子供スキーマへのポインタを持つ。

【0111】

Parent Schema 228は、これらAnd Parent Schema 226、Num Or Parent Schema 227、Or Parent Schema 228を多重継承するクラス・オブジェクトである。

【0112】

図16には、状況依存行動階層(SBL)102内のクラスの機能的構成を模式的に示している。状況依存行動階層(SBL)102は、STMやLTM、リソース・マネージャ、認識系の各オブジェクト等外部オブジェクトからデータを受信する1以上のReceive Data Handler(RDH)213と、外部オブジェクトにデータを送信する1以上のSend Data Handler(SDH)214とを備えている。

【0113】

Event Data Handler(EDH)211は、SBL102の入出力イベントに対してIDを割り振るためのクラス・オブジェクトであり、RDH213やSDH214から入出力イベントの通知を受ける。

【0114】

Schema Handler 212 は、スキーマ 132 を管理するためのクラス・オブジェクトであり、SBL 102 を構成するスキーマのコンフィギュレーション情報をファイルとして保管している。例えばシステムの起動時等に、Schema Handler 212 は、このコンフィギュレーション情報ファイルを読み込んで、SBL 102 内のスキーマ構成を構築する。

【0115】

各スキーマは、図 15 に示したクラス定義に従って生成され、メモリ空間上にエンティティがマッピングされる。各スキーマは、OpenR_Guest 215 をベースのクラス・オブジェクトとし、外部にデータ・アクセスするための DSubject 216 や DObject 217 等のクラス・オブジェクトを備えている。

【0116】

スキーマ 132 が主に持つ関数とステートマシンを以下に示しておく。以下の関数は、Schema Base 219 で記述されている。

ActivationMonitor () : スキーマが Ready 時に Active になるための評価関数

Actions () : Active 時の実行用ステートマシン

Goal () : Active 時にスキーマが Goal に達したかを評価する関数

Fail () : Active 時にスキーマが fail 状態かを判定する関数

SleepActions () : Sleep 前に実行されるステートマシン

SleepMonitor () : Sleep 時に Resume するための評価関数

ResumeActions () : Resume 前に Resume するためのステートマシン

DestroyMonitor () : Sleep 時にスキーマが fail 状態かを判定する評価関数

MakePrnome () : ツリー全体のターゲットを決定する関数

【0117】

(2-3) 状況依存行動階層の機能

状況依存行動階層 (SBL) 102は、短期記憶部92及び長期記憶部93の記憶内容や、内部状態管理部91によって管理される内部状態を基に、ロボット装置1が現在置かれている状況に即応した動作を制御する。

【0118】

前項で述べたように、本実施の形態における状況依存行動階層102は、スキーマのツリー構造(図11を参照のこと)で構成されている。各スキーマは、自分の子供と親の情報を知っている状態で独立性を保っている。このようなスキーマ構成により、状況依存行動階層102は、Concurrentな評価、Concurrentな実行、Preemption、Reentrantという主な特徴を持っている。以下、これらの特徴について詳解する。

【0119】

(2-3-1) Concurrentな評価:

行動記述モジュールとしてのスキーマは外部刺激や内部状態の変化に応じた状況判断を行なうMonitor機能を備えていることは既に述べた。Monitor機能は、スキーマがクラス・オブジェクトSchema BaseでMonitor関数を備えていることにより実装されている。Monitor関数とは、外部刺激と内部状態に応じて当該スキーマのアクティベーションレベルを算出する関数である。

【0120】

図11に示すようなツリー構造を構成する場合、上位(親)のスキーマは外部刺激と内部状態の変化を引数として下位(子供)のスキーマのMonitor関数をコールすることができ、子供のスキーマはアクティベーションレベルを返り値とする。また、スキーマは自分のアクティベーションレベルを算出するために、更に子供のスキーマのMonitor関数をコールすることができる。そして、ルートのスキーマ201₁~203₁には各サブツリーからのアクティベーションレベルが返されるので、外部刺激と内部状態の変化に応じた最適なスキーマすなわち動作を統合的に判断することができる。

【0121】

このようにツリー構造になっていることから、外部刺激と内部状態の変化によ

る各スキーマの評価は、まずツリー構造の下から上に向かってConcurrentに行なわれる。即ち、スキーマに子供スキーマがある場合には、選択した子供のMonitor関数をコールしてから、自身のMonitor関数を実行する。次いで、ツリー構造の上から下に向かって評価結果としての実行許可を渡していく。評価と実行は、その動作が用いるリソースの競合を解きながら行なわれる。

【0122】

本実施の形態における状況依存行動階層102は、スキーマのツリー構造を利用して、並列的に行動の評価を行なうことができるので、外部刺激や内部状態の変化等の状況に対しての適応性がある。また、評価時には、ツリー全体に関しての評価を行ない、このとき算出されるアクティベーションレベル(AL)値によりツリーが変更されるので、スキーマすなわち実行する動作を動的にプライオリタイズすることができる。

【0123】

(2-3-2) Concurrentな実行:

ルートのスキーマには各サブツリーからのアクティベーションレベルが返されるので、外部刺激と内部状態の変化に応じた最適なスキーマすなわち動作を統合的に判断することができる。例えばアクティベーションレベルが最も高いスキーマを選択したり、アクティベーションレベルが所定の閾値を超えた2以上のスキーマを選択して並列的に行動実行するようにしてもよい(但し、並列実行するときは各スキーマどうしでハードウェア・リソースの競合がないことを前提とする)。

【0124】

実行許可をもらったスキーマは実行される。すなわち、実際にそのスキーマは更に詳細の外部刺激や内部状態の変化を観測して、コマンドを実行する。実行に関しては、ツリー構造の上から下に向かって順次すなわちConcurrentに行なわれる。即ち、スキーマに子供スキーマがある場合には、子供のActions関数を実行する。

【0125】

Action関数は、スキーマ自身が持つ行動(動作)を記述したステートマ

シンを備えている。図 11 に示すようなツリー構造を構成する場合、親スキーマは、Action 関数をコールして、子供スキーマの実行を開始したり中断させたりすることができる。

【0126】

本実施の形態における状況依存行動階層 (SBL) 102 は、スキーマのツリー構造を利用して、リソースが競合しない場合には、余ったリソースを使う他のスキーマを同時に実行することができる。但し、Goal までに使用するリソースに対して制限を加えないと、ちぐはぐな行動出現が起きる可能性がある。状況依存行動階層 102 において決定された状況依存行動は、リソース・マネージャにより反射行動部 (Reflexive SBL) 103 による反射的行動とのハードウェア・リソースの競合の調停を経て、機体動作 (Motion Controller) に適用される。

【0127】

(2-3-3) Preemption:

1 度実行に移されたスキーマであっても、それよりも重要な (優先度の高い) 行動があれば、スキーマを中断してそちらに実行権を渡さなければならない。また、より重要な行動が終了 (完結又は実行中止等) したら、元のスキーマを再開して実行を続けることも必要である。

【0128】

このような優先度に応じたタスクの実行は、コンピュータの世界における OS (オペレーティング・システム) の Preemption と呼ばれる機能に類似している。OS では、スケジュールを考慮するタイミングで優先度のより高いタスクを順に実行していくという方針である。

【0129】

これに対し、本実施の形態におけるロボット装置 1 の制御システム 10 は、複数のオブジェクトにまたがるため、オブジェクト間での調停が必要になる。例えば反射行動を制御するオブジェクトである反射行動部 103 は、上位の状況依存行動を制御するオブジェクトである状況依存行動階層 102 の行動評価を気にせず、物を避けたり、バランスをとったりする必要がある。これは、実際に実行権

を奪い取り実行を行なう訳であるが、上位の行動記述モジュール (SBL) に、実行権利が奪い取られたことを通知して、上位はその処理を行なうことによって Preemptive な能力を保持する。

【0130】

また、状況依存行動層 102 内において、外部刺激と内部状態の変化に基づく アクティベーションレベルの評価の結果、あるスキーマに実行許可がなされたとする。更に、その後の外部刺激と内部状態の変化に基づく アクティベーションレベルの評価により、別のスキーマの重要度の方がより高くなったとする。このような場合、実行中のスキーマの Actions 関数を利用して Sleep 状態にして中断することにより、Preemptive な行動の切り替えを行なうことができる。

【0131】

実行中のスキーマの Actions () の状態を保存して、異なるスキーマの Actions () を実行する。また、異なるスキーマの Actions () が終了した後、中断されたスキーマの Actions () を再度実行することができる。

【0132】

また、実行中のスキーマの Actions () を中断して、異なるスキーマに実行権が移動する前に、Sleep Actions () を実行する。例えば、ロボット装置 1 は、対話中にサッカーボールを見つけると、「ちょっと待ってね」と言って、サッカーすることができる。

【0133】

(2-3-4) Reentrant :

状況依存行動階層 102 を構成する各スキーマは、一種のサブルーチンである。スキーマは、複数の親からコールされた場合には、その内部状態を記憶するために、それぞれの親に対応した記憶空間を持つ必要がある。

【0134】

これは、コンピュータの世界では、OS が持つ Reentrant 性に類似しており、本明細書ではスキーマの Reentrant 性と呼ぶ。図 16 に示したように、スキーマ 132 はクラス・オブジェクトで構成されており、クラス・オブジェクトのエン

ティティすなわちインスタンスをターゲット (P r o n o m e) 毎に生成することによりReentrant性が実現される。

【0135】

スキーマのReentrant性について、図17を参照しながらより具体的に説明する。Schema Handler 212は、スキーマを管理するためのクラス・オブジェクトであり、S B L 102を構成するスキーマのコンフィギュレーション情報をファイルとして保管している。システムの起動時に、Schema Handler 212は、このコンフィギュレーション情報ファイルを読み込んで、S B L 102内のスキーマ構成を構築する。図17に示す例では、E a t 221やD i a l o g 222等の行動（動作）を規定するスキーマのエンティティがメモリ空間上にマッピングされているとする。

【0136】

ここで、外部刺激と内部状態の変化に基づくアクティベーションレベルの評価により、スキーマD i a l o g 222に対してAというターゲット (P r o n o m e) が設定されて、D i a l o g 222が人物Aとの対話を実行するようになったとする。

【0137】

そこに、人物Bがロボット装置1と人物Aとの対話に割り込み、その後、外部刺激と内部状態の変化に基づくアクティベーションレベルの評価を行なった結果、Bとの対話を行なうスキーマ223の方がより優先度が高くなったとする。

【0138】

このような場合、Schema Handler 212は、Bとの対話を行なうためのクラス継承した別のD i a l o g エンティティ（インスタンス）をメモリ空間上にマッピングする。別のD i a l o g エンティティを使用して、先のD i a l o g エンティティとは独立して、Bとの対話を行なうことから、Aとの対話内容は破壊されずに済む。従って、D i a l o g Aはデータの一貫性を保持することができ、Bとの対話が終了すると、Aとの対話を中断した時点から再開することができる。

【0139】

R e a d y リスト内のスキーマは、その対象物（外部刺激）に応じて評価すなわちアクティベーションレベルの計算が行なわれ、実行権が引き渡される。その後、R e a d y リスト内に移動したスキーマのインスタンスを生成して、これ以外の対象物に対して評価を行なう。これにより、同一のスキーマを a c t i v e 又は s l e e p 状態にすることができる。

【0 1 4 0】

（3）第 1 の実施の形態

次に、このように構成されたロボット装置に好適な本発明の第 1 の実施の形態におけるロボット装置の感情及び知覚認識結果状態等の状態の表現方法について説明する。本第 1 の実施の形態におけるロボット装置は、上述したように、自身の直交する状態を並列表現可能な表現手段として L E D インジケータ（目ランプ）等の発光装置を有している。

【0 1 4 1】

本実施の形態における発光装置は、例えば L E D とこれを制御する L E D コントローラとからなり、発光の色相、明度及び彩度、並びに、発光時間及びその周期を可変設定した発光パターン（輝度変化）等が L E D コントローラにより制御される。

【0 1 4 2】

即ち、発光装置は、発光の色相、明度、及び彩度等、時間軸上で独立した複数の直交表現可能な表現単位（表現能力）を有し、ロボット装置の複数の状態を、これらの表現単位に割り当てることにより、その状態の種類と同数以下の発光装置によって表現すると共に、単一の表現手段である発光装置の中に同時に複数の表現内容（ロボットの状態）を共存させるものである。

【0 1 4 3】

特に、ロボット装置が表現する状態のうち、共存させても不自然ではないような属性が異なる直交する状態、例えば感情及び本能等の内部状態と、カメラ等の視覚認識結果に基づく視覚認識状態等とを、上述の表現手段の直交表現可能な複数の表現単位に割り当てて並列して表現すれば、より人間らしい多種多様な状態を表出可能となる。更に、各状態が有する表現要素によって各状態に割り当てら

れた表現単位のパラメータを可変制御することにより表現するものである。ここで、各状態が有する表現要素とは、感情状態であれば、その種類や強度、認識状態であれば、認識対象物等を示す。

【0144】

(3-1) 発光装置

先ず、このようなロボット装置の状態を表現する表現手段の一例であるLED発光装置について詳細に説明する。

【0145】

図18(a)は、図2に示すLED発光装置19を示す平面図及び側面図であり、図18(b)は、LED発光装置の内部回路を示す回路図である。LED発光装置19は、例えば図18(a)に示すようなものを使用することができる。図18(a)に示すように、基板301と、基板301上に備えられたオレンジ、緑及び青色を表示する夫々LED311~313と、LED311~313の静電破壊等を防止する静電保護ダイオード331、332と、基板301の下面側に設けられ各LED311~313のアノード及びカソードに接続する6つの電極321~326とを有し、基板301上のLED311~313及び静電保護ダイオード331、332等が例えば透明又は乳白色の樹脂302により封止されている。

【0146】

オレンジ色を発光するLED311は例えばAlGaInPからなり、緑色を発光するLED312は例えばGaNからなり、青色を発光するLED313は例えばGaNからなる。

【0147】

このLED発光装置は、図18(b)に示すように、基板301上において、LED311~313は、夫々アノード電極323及びカソード電極324、アノード電極321及びカソード電極322、並びにアノード電極325及びカソード電極326に接続されている。更に、アノード電極321とカソード電極322との間、及びアノード電極325とカソード電極326との間には、逆方向電圧が加えられるよう配置された夫々静電保護ダイオード331、332が接続

され、静電破壊を防止する。

【0148】

このように構成されたLED発光装置は、互いに近接した3色のLED311～313を有することでフルカラー発光が可能であって、色相、彩度及び明度が時間軸上で独立して制御可能、即ち、直交表現が可能であり、更に、LED311～313の発光時間及びその周期を示す発光パターン（点滅パターン）を、色相、彩度及び明度とは独立して制御することができる。このLED発光装置19は、このLED発光装置19を制御するLEDコントローラに接続され、色相、彩度、明度及び発光パターン等が制御される。LEDコントローラは、制御ユニット20のCPU21において内部状態の変化又は外部刺激に基づき生成された信号により制御される。

【0149】

図19は、発光装置における直交表現を示す模式図である。図19に示すように、時間軸上で独立した直交表現を示す表現単位の例えば色相、彩度、発光パターンを、互いに独立した状態である夫々感情の分類、感情強度及び知覚認識状態に対応付け、更に、色相変化、彩度変化、発光パターン変化（輝度変化）に対して各状態の表現要素を対応付けて表現することができる。

【0150】

即ち、例えば「喜び」、「悲しみ」、「怒り」、「嫌悪」、及び「恐れ」等、感情状態が有する複数の表現要素は、夫々「緑」、「水色」、「赤」、「オレンジ」、及び「青」等となるように色相の値をパラメータ制御することによって分類することができる。更に、これらの各感情についての表現要素である強度は、その彩度を異ならせて表現することができ、例えば、非常に強い「喜び」を示す場合は、彩度を上げてあざやかな緑とし、弱い「喜び」を示す場合は、彩度を下げて暗い緑とする。また、例えば顔の発見、顔の識別、ボールの発見、ランドマークの発見、及び充電ステーションの発見等、視覚認識イベントが発生した場合は、発見したものに依じて異なる発光時間とすることで、発見したものに依じた視覚認識状態を表現するものとする。ここで、本明細書においては、感情状態の分類に応じた表現、感情状態の強度に応じた表現、発見したものに依じた表現等

を、各状態の表現要素を表現するという。

【0151】

更に、この他の状態（表現要素）の表現として、例えば「驚き」の感情は、例えば色相の離散的ランダム変化で表現することができ、また、仮想睡眠状態は、例えば彩度又は明度を定常的に下げることにより表現することができる。

【0152】

また、LED発光装置19を、頭部ユニット3に目として搭載された2つのCCDカメラの周囲に搭載することで、人間に対して自らの状態を視覚的に伝達することが可能になり、更に豊富なユーザインタラクションを可能とし、ロボット装置のエンターテインメント性を向上する。

【0153】

このLED発光装置19は、その表現単位である色相、彩度、明度及び発光パターンを時間的に独立に連続値で調節可能であるため、ロボット自身が自律的に行動判断を行っている際には、ロボット装置の内部状態、視覚認識状態に応じた表現単位を対応づけすることで、同時に複数の直交する状態を並列して表現することができると共に、これらの表現単位を組み合わせることにより、1つの発光装置であっても、多彩な表現が可能となり、表現手段の表現能力を効率よく使用することで、状態の種類と同数の発光装置を備える必要がない。なお、必要に応じてLED発光装置を複数設けてもよい。

【0154】

(3-2) ロボット装置の表現方法

次に、このようなLED発光装置を使用したロボット装置の表現方法について更に詳細に説明する。本ロボット装置の発光装置制御アルゴリズムに関連した計算処理プロセスは大きく分けて4つあり、図20に示すように、状態認識部80、感情・本能モデル90、行動決定部100、行動生成部110から構成される。

【0155】

状態認識部80は、上述した視覚認識機能部81、聴覚認識機能部82、及び接触認識機能部83等からなり、ロボット装置身体に搭載されたセンサの情報を

入力し、感情・本能モデル 90 へ伝達する役割を果たす。

【0156】

感情・本能モデル 90 は、状態認識部 80 から入力された情報に従って、自らの感情及び欲求を示す内部状態パラメータの算出を行う。

【0157】

行動決定部 100 は、上述した熟考行動階層 101、状況依存行動階層 102、及び反射行動部 103 のうち、状況依存行動階層 102 における行動を決定するものであり、上述したように、ダンスを踊るといような抽象的な意味を持つ単位から、実際に例えばアクチュエータの回転角度等、機体動作を指示するモーションコマンドを出力するといような具体的な意味を持つ単位まで、1つ1つの単位で独立した意味と機能を有する複数の行動単位モジュール（スキーマ）を有し、これらのスキーマから発現するスキーマ、即ち行動を決定する。この行動決定部 100 は、感情・本能モデル 90 から得られた内部状態パラメータに応じて、それぞれのモジュールのやりたさ度合い（実行優先度）を示す値をアクティベーションレベルとして算出し、このアクティベーションレベルに応じてどのスキーマを実行するかが決定される。これによって外部刺激と、内部状態に応じて実際にどのような行動を行うのが自律的に判断される。選択されたスキーマは、自身の行動に応じた表現を行うため、表現手段である発光装置を制御する制御コマンドを出力するコマンド発行手段として機能する。また、行動決定部 100 において、状態認識部 80 又は感情・本能モデル 90 からの入力情報に応じた状態を表現するためのスキーマを別に設けて、入力情報に基づき制御コマンドを出力するようにしてもよい。

【0158】

行動生成部 110 は、発光装置を制御する制御手段として機能し、行動決定部 100 から出力されたコマンドを受け、そのコマンドをハードウェアの実際の出力に変換する処理が行われる。次に、各処理部について更に詳細に説明する。

【0159】

（3-2-1）感情・本能モデル

感情・本能モデル 90 は、CCDカメラからの視覚認識結果、マイクロフォン

からの音声認識結果、バッテリーの残量、並びに、接触センサ、体内の各温度を測定する温度センサ、及び関節角度の変化を検出する関節角度センサなどの自らの内外の身体状態を把握するための複数のセンサからの入力情報や、ユーザとの言語的インタラクションを通じて得たコミュニケーションの履歴情報、記憶情報量などの情報を、自らの内部状態としてモデル化し、内部状態パラメータ（感情値及び本能値）として算出する。即ち、状態認識部からの情報が、感情・本能モデル 90 内の内部状態パラメータに影響を与えるように構成されており、例えば、バッテリー残量の変化は内部状態パラメータの「満腹度」に影響を与え、十分な充電状態にあるときには、より満足度の高い感情状態と判断され、結果として喜びの感情状態に変化しやすくなる。また、例えば関節角度の指令値と実角度との間に大きな差がある場合、それが瞬間的な変化である場合には内部状態パラメータの「痛み」に影響を及ぼし、長期的な変化である場合には内部状態パラメータの「疲れ」に影響を及ぼす。この「痛み」や「疲れ」の内部状態パラメータが増加すると、結果として悲しみや、怒りなど、よりネガティブな感情状態に変化しやすくなる。更に、後述する行動決定部 100 において決定された行動に基づき内部パラメータが変化する。例えば、行動決定部 100 において選択されたスキーマの行動が発現され終了した場合、行動発現前後のバッテリー残量や消費電力等に応じて内部状態パラメータの例えば「疲れ」又は「満足度」等に影響を及ぼす。

【0160】

本実施の形態における感情・本能モデル 90 においては、「喜び」、「悲しみ」、「怒り」、「驚き」、「嫌悪」、「恐怖」という 6 種類の感情がモデル化されている。また、「痛み」、「心地よさ」、「満腹度」、「睡眠物質」、「覚醒度」、「疲労」からなる低次の内部状態と、「活力」、「記憶情報量」、「情報共有情報量」、「相互交流量」からなる高次の内部状態がモデル化されている。

【0161】

例えば下記のような場合に、内部状態が変化し、その結果として感情状態に変化が起きる。即ち、状態の表現要素が変化する。

喜び：充電されることにより、満腹度が満たされたとき等

悲しみ：音声対話によって、怒られたとき等

怒り：外的に力が加わり、関節を無理やり回転させられた結果、痛みが増加したとき等

驚き：バイオリズム変化によって活性度が高まったとき等

恐怖：確信度の低い対象を発見したとき等

嫌悪：バイオリズムの活性度が低いときに、バッテリー電圧が低下したとき等

【0162】

(3-2-2) 行動決定部

行動決定部100は、感情・本能モデル90からの入力情報に基づき感情・本能状態を表現するため、及び状態認識部80からの入力情報に基づき状態認識状態を表現するための動作を選択すると共に、発光装置を制御する制御コマンドを出力する。即ち、感情表現や認識状態表現を行うための色彩情報（RGBパラメータ）を算出し、これを行動生成部110に出力する。上述したように、行動決定部100は、各入力情報に応じた感情表現や状態認識表現を行うためのスキーマを有し、このスキーマが入力情報に応じて制御コマンドを出力するか、各入力情報に応じて選択される各スキーマが自身の行動に応じた制御コマンドを出力するようになされており、このように入力情報に応じて発行される上記発光装置を制御するための制御コマンドを以下の方法で算出し出力する。

【0163】

先ず、制御コマンドにより発光装置を制御して感情表現をする場合は、上述したように、色彩情報により、発光色（色相）、及び彩度を変化させることにより、感情の分類及び感情の強さの表現を行う。

【0164】

この感情表現（内部状態の表現）を行うための色彩情報の算出は以下のプロセスによって行われる。感情・本能モデル90から得られた6感情値のうち最大の値を持つ感情状態について対応する色相を選択する。即ち、感情状態に対応付けられた「色相」という表現単位のパラメータを可変制御して例えば緑色を選択することで、感情状態という状態の表現要素である喜び等を表現する。感情の分類と色、即ち感情状態という状態が有する表現要素とパラメータにより可変制御された色相との対応の一例を下記表1に示す。ここで、「驚き」の状態は、全色を

順番に選択していく色相ローテーションにより表現するものとするが、このように、1つの色相ではなく、複数の色相の選択順序に応じて感情を割り当てるものとしてもよい。

【0165】

【表1】

感情の分類	喜び	悲しみ	怒り	驚き	嫌悪	恐怖
発光装置の色相	緑	水色	赤	色相ローテーション	オレンジ	青

【0166】

次に、選択された色相に対して、彩度を変化させるためのパラメータ変換を行う。具体的には、RGB情報を、一旦、HSI（Hue：色相、Saturation：彩度、Intensity：明度）情報に変換した後、彩度情報のみについて感情値の最大値に占める実際の値の割合で割引変換を行う。そして、再びHSI情報からRGB情報に逆変換した後、後段の行動生成部110へコマンドを発行する。これによって、感情値が小さいときには暗い色で表現され、大きいときには彩度が高い鮮やかな色で表現される。即ち、感情値の大きさ（表現要素）をパラメータが可変制御された彩度により表現する。これにより、表出している色の鮮やかさによって感情がどの程度強いものであるのかを連続的に表現することが可能になる。

【0167】

また、制御コマンドにより発光装置を制御して視覚認識状態を表現する場合は、現在の感情状態を表現するための色彩情報（色相及び彩度を調節した情報）は保持したまま、その発光時間及びその周期からなる発光パターンを視覚認識状態に応じて可変設定する。視覚認識状態の表現は、視覚認識イベントが発生した場合に表出されるもので、発光パターンの違いにより、どのような視覚認識イベントが発生しているのかを表現する。即ち、感情状態を表現する表現単位とは直交する発光パターンという表現単位を使用して、視覚認識イベントが発生した状態を感情状態と並列して表現する。

【0168】

視覚認識イベントとは、例えば、上述の図 2 に示す視覚認識機能部 81 等により、顔認識及び色認識等の画像認識処理が行われ、これにより顔を発見したと判断されたとき、ボールを発見したと判断されたとき、又はランドマークを発見したと判断されたとき等を示し、各視覚認識イベント（表現要素）毎に、それぞれ異なる発光パターンを対応付けることにより、視覚的にロボット装置の状態をユーザに伝達することが可能になり、対話中に例えば音声リソースを占有して認識状態を表現する必要がなくなる。

【0169】

視覚認識イベントと発光パターンの対応の一例を下記表 2 に示す。このような発光パターンの違いによって、ユーザは、ロボット装置と対話を行いながら、ロボット装置に本当に認識されているのかを把握することが可能になり、よりスムーズなコミュニケーションを実現することが可能になる。

【0170】

【表 2】

視覚認識イベント	顔発見	ボール発見	ランドマーク発見
発光装置の 発光パターン	長い周期で点滅	短い周期で点滅	長短交互の周期で点滅

【0171】

これらの色彩（色相及び彩度）、発光パターンについては、ファイルであらかじめ登録されたデータベースを読み込み、選択された色彩又は発光パターンを再生することが基本的な利用方法である。また、上述した「驚き」の状態表現のように、色彩の指定に関しては、動的に色相又は彩度を示すパラメータを指定して、それを変化させることも可能である。

【0172】

また、本実施の形態においては、表現手段を LED 発光装置として説明したが、時間軸上で独立した直交表現が可能な装置であればよく、例えば発光装置であれば、発光ダイオード（light emitting diode: LED）、液晶表示パネル（li

quid crystal display: LCD)、レーザダイオード (laser diode: LD)、又はエレクトロルミネッセンス (elector-luminescence: EL) 等を利用したものが挙げられるが、これに限るものではない。

【0173】

更に、上述の発光装置に限らず、互いに独立した直交表現を示す複数の表現単位を単一の物理リソースの中に共存させればよく、例えば発音装置を使用することもでき、発音装置であれば、例えば音の高さ、音量、リズム、及び音色等を表現単位として適用することが可能であり、より一般的に表現することが可能である。

【0174】

このように構成された本実施の形態においては、発光装置によって表現されるべき複数の属性が異なる直交する情報、例えば感情状態（内部状態）と視覚認識状態とは、それぞれ夫々色彩（色相と彩度又は明度）及び発光パターンという相互に干渉することがない直交する表現として、時間軸上で独立したパラメータで表現されるので、複数の情報の表現を発光装置という単一の物理リソースの中に共存させても、表現すべき情報量が失われることはなく、複数の情報を並列して表現することができる。また、直交する表現手段の表現単位のパラメータが相互に独立に変化することにより、これらを単独又は組み合わせて使用して、より少ないリソース（発光装置）でより複雑多彩な状態表現が可能になる。

【0175】

これら2点より、家庭環境で自律的に活動するエンターテインメントロボットのよう、物理的な重量、大きさに制限が要求され、内部状態表現の表現手段としての機能を多く搭載できない場合にも、表現手段を高効率に使用して多様な表現を行うことができる。

【0176】

人間とロボット装置との間でリアルタイムに円滑なコミュニケーションを実施しようと考えた場合、同時に複数の発光装置に視点を向けなければロボット装置の状態を把握できないというヒューマンインターフェースは最適なものとは言えない。人間と、本実施の形態で説明したようなヒューマノイドロボット装置とが

言語的なコミュニケーションを行う場合、人間同士のコミュニケーションと同様、人はロボット装置の顔に視点を向けることが多い。その点で、本実施の形態におけるロボット装置において、目に相当する部位に内部状態を表現する手段として発光装置を搭載していること、及び単一の発光装置の中に複数の内部状態表現を共存させていることにより、ヒューマンインターフェースを意識せず円滑なコミュニケーションを実現できる。

【0177】

(4) 第2の実施の形態

次に、本発明の第2の実施の形態について説明する。上述の第1の実施の形態においては、感情又は視覚認識などの定常的（継続的）な状態であって属性が異なる直交する状態を並列表現する方法であったが、本第2の実施の形態は、このような定常的な状態表現に加え、更にその他のイベント発生時、即ち非断続的な状態にも対応してこれを表現するものである。なお、本実施の形態におけるロボット装置においても、図1乃至図17に示すロボット装置と同様の構成とすることができる。

【0178】

本実施の形態においても、上記図20に示す第1の実施の形態と同様の計算処理プロセスを有するが、行動決定部は、第1の実施の形態とは異なり、発光装置を制御するため、行動生成部に出力する制御コマンドとして、動作に応じて予め決められた優先順位が異なる複数種のコマンドを発行する。行動生成部は、優先度が高いコマンドに優先的に従うことにより、行動決定部から、同時に同一表現単位が指定された場合においてもリソースの競合を調停し、感情状態や認識状態に基づき選択された動作に応じた表現よりも、ユーザからの指示等により行われる突発的なイベント時の動作に応じた表現を優先的に行うことができる。

【0179】

図21は、本第2の実施の形態におけるロボット装置の行動決定部から表現手段までの各処理部を示すブロック図である。第1の実施の形態と同様に、状態認識部から、ロボット装置身体に搭載されたセンサの情報が感情・本能モデルへ供給され、感情・本能モデルが状態認識部から供給された情報に従って、自らの感

情及び欲求を示す内部状態パラメータを算出し、行動決定部120へ供給する。行動決定部120は、状態認識部、感情・モデルから供給された情報に基づき行動を決定し、行動に応じた表現を行うための制御コマンドを行動生成部130へ出力するコマンド発行手段として機能する。本実施の形態における行動決定部120では、制御コマンドとして、優先順位が高いフォアグラウンドコマンドか、又はこれより優先順位が低いバックグラウンドコマンドのいずれかを使用するものとする。行動生成部130は、行動決定部120から供給される複数のコマンドを調停し、発光装置を制御する制御手段として機能し、LED発光装置140は、行動生成部130にて決定された状態を表現する。

【0180】

(4-1) 行動決定部

次に、行動決定部120について更に詳細に説明する。行動決定部120は、図10に示したように、機体動作が記述された複数の行動記述モジュールであるスキーマ121が、階層的に連結されたスキーマ・ツリー122を有している。各スキーマは、外部刺激と内部状態を入力とし、この外部刺激や内部状態の変化に応じてより最適なスキーマを選択して行動制御されると共に、行動生成部130に対して発光装置を制御するための制御コマンドを出力する。

【0181】

この行動決定部120では、感情状態及び視覚認識状態等の常に変化する状態に基づき選択された動作に応じた表現に加え、割り込みイベントが生じた際、イベントに応じた表現を行うため、出力コマンドの選択が行われる。

【0182】

割り込みイベントとは、例えば、「ダンスを踊って」等のユーザからの指令に基づき、ロボット装置がダンスを踊る際に、このダンスを踊る動作（イベント）に応じた表現として、ダンスに合わせて、発光装置の色彩や発光パターンを変化させたり、又は、サッカーをしてボールをゴールに入れることができた場合に、ゴールを入れる動作（イベント）に対して、色彩や発光パターンを変化させたりして、割り込みイベントとして視覚的パフォーマンスを行う場合等である。

【0183】

このように、ロボット装置は、エンターティメント性が高いパフォーマンスを行う際に、音楽や、身体的運動に合わせて発光状態を変化させることで、人間に与える印象について視覚的效果を更に高めることができる。

【0184】

ロボット装置は、実際には、第1の実施の形態にて説明した如く、定常的に感情状態及び視覚認識状態に基づき選択された動作に応じた表現を行っているため、割り込みイベントが生じた際の動作（イベント）に応じた表現を行う場合は、行動生成部130に対して既に実行されているコマンドに対して、割り込みの指示をし、これに上書きするように割り込み用のコマンドを発行する。

【0185】

このため、本実施の形態においては、発光装置を制御する制御コマンドとして、定常的な状態変化を表出することを目的としたバックグラウンドコマンドと、このような定常的な状態表現に対して割り込みをかけ、イベント発生的な状態変化を表出することを目的としたフォアグラウンドコマンドとを用意する。即ち、イベント発生時の際には、優先順位が高いフォアグラウンドコマンドを発行し、感情又は認識状態等の定常的な状態を表現する際には、優先順位が低いバックグラウンドコマンドを発行するものとする。

【0186】

このフォアグラウンドコマンドは、バックグラウンドコマンドに優先してコマンドを出力することが可能であり、また、フォアグラウンドコマンドが終了した時点でバックグラウンドコマンドが出力されるよう、コマンド選択が自動的に切り替わるように設計されている。従って、並列に実行されている複数の機能モジュールから同時に発光装置へ制御コマンドを通知する際に、複数のコマンドを多重化して通知することができ、イベント発生の際の状態の表現をフォアグラウンドコマンドとして発行することにより、途中でコマンドを上書きして割り込み表現が可能となると共に、定常的な表現をバックグラウンドコマンドとして発行することにより、間違えて優先コマンドに上書きしてしまうことがなくなる。割り込みイベントを行うスキーマは、選択されると、機体動作（行動）を発現すると共に自身の行動に応じた状態表現を行うコマンドをフォアグラウンドコマンドと

して発行するようになされている。

【0187】

優先順位が設けられていないコマンドにより状態表現を制御しようとする、優先されるべき視覚パフォーマンスが発光装置において表現されている間は、出力が上書きされないようにするために、感情状態の表現や、視覚認識状態の出力を停止する必要がある、定常的な表現を行う側のモジュールは、優先されるべきコマンドが出力されていないかを監視して自らのコマンド出力を抑制する処理を行う必要があるが、本実施の形態においては、1つのリソースに対して発行されるコマンドに優先順位を設けることで、これらが多重化して出力されても並列に分散して実行されているモジュール間のコマンド出力の競合を容易に解決することができる。即ち、フォアグラウンドコマンドが自動的に優先的に選択されるため、バックグラウンドコマンドを出力する側が常にフォアグラウンドの出力状態を監視して、バックグラウンドコマンドがフォアグラウンドコマンドの出力を上書きしてしまうことを回避する処理を省略することができる。

【0188】

また、従来、表現が変化するタイミングにのみLED発光装置の制御コマンドを発行するのが一般的であり、発光装置では、最後に発行されたコマンドの状態が保持されるようになされている。従って、既存のコマンドに対して割り込みをかけてコマンド出力を終了した場合には、再び割り込みをかける前の状態に戻す必要があるため、割り込みをかけられた側のコマンドを発行したモジュールは、それ以外からの割り込み終了状態を監視し、終了したタイミングでコマンドを再発行する必要がある。これに対し、本実施の形態においては、フォアグラウンドコマンドが終了した時点で直ちにバックグラウンドコマンドにコマンド選択が切り替わるよう設計されているため、定常的な表現を行う側のモジュール（スキーマ）が、割り込みイベントの際の状態表現を行うフォアグラウンドコマンドの出力開始及び終了のタイミングを監視せずに、コマンドを出力することができ、バックグラウンドコマンド出力処理において、フォアグラウンドコマンドの終了タイミングを把握するための処理、及び再びバックグラウンドコマンドを出力するための処理を省略することが可能になる。

【0189】

また、優先度が異なる制御コマンドが同時に発行された場合は、優先度が高いコマンドが優先されるが、図18に示すような直交表現可能な表現手段を使用することで、同一の優先度を有する制御コマンドにおいては、第1の実施の形態と同様に、色彩情報（色相及び彩度）、発光パターン等の直交表現を示す情報はそれぞれに独立に設定可能であるので、複数の直交する状態を並列表現することも可能である。例えば、スキーマ・ツリー122においては、ダンススキーマや感情表現スキーマ、対話スキーマなどが、それぞれのアクティベーションレベルや認識イベントに応じて同時並列的に起動し、LED発光装置（LEDリソース）に対してもLEDリソース内で後述する仮想的に設定されたリソースが重ならない範囲では、優先度が同一階層のコマンドが同時に発行された場合、同時にマージされることがあり得る。従って、第1の実施の形態と同様に、人物の顔を発見した視覚認識状態を表出している状態で、感情状態が変化してこれを表現すること等が可能である。

【0190】

図22は、LEDコマンドを発行するスキーマの具体例とリソースの使用方法の関係を説明する図である。例えば、対話スキーマ121c内部では、上述した視覚認識機能部の顔発見オブジェクト81aにより顔を発見したことが通知されると、この顔発見という視覚認識状態を表現するため、LED発光装置19に発光パターンを指定するコマンドをバックグラウンドコマンドとして発行する。また、感情表現スキーマ121bは、対話中の感情変化をモニターし、そのときの感情・本能モデル90からの感情値に基づき逐次LED発光装置の点灯色を指示するコマンドをバックグラウンドコマンドとして発行する。上述の第1の実施の形態において説明したように、このような場合には、直交する複数の表現単位を有するLED発光装置を使用しているため、リソース競合が起らずコマンドはマージされ、そのときの感情状態色で発光パターンを再生することが可能である。

【0191】

このように、感情状態表現や認識状態表現等、定常的に変化する状態は、必ず

しも再生されなくとも、あまりロボット装置の状態表現として不自然にならないものとして、LEDのバックグラウンドリソースを利用するように設定する。

【0192】

これに対して、非定常的な状態、例えば優先すべき割り込みイベントが発生しこれを表現する場合、即ちイベントとしての重要性から必ず実行されることが求められる場合は、LEDのフォアグラウンドリソースを利用してコマンド発行するように設定する。図22においては、ダンスを踊るという割り込みイベントが発生した場合、ダンスを踊るダンススキーマ121aが、ダンス用LED再生データ140からパターンファイルを再生し、ダンスイベント中においてLED発光装置の発光色をカラフルに変化させるよう指示するコマンドをフォアグラウンドコマンドとして発行する。このフォアグラウンドコマンドは、バックグラウンドコマンドに対して上書きされるため、それまで出力されていた感情状態表現などのバックグラウンドコマンドに割り込みをかけ、ダンスイベントのLEDパターンを出力することが可能になる。

【0193】

(4-2) 行動生成部

次に、行動生成部130について更に詳細に説明する。行動生成部130は、行動決定部120からの優先順位が異なる複数の制御コマンドを受け付け、実際のコマンド出力を行うための調停処理をして、これにより発光装置の制御を行う。即ち、発光装置は、このコマンドにより、発光する色相、色彩、発光パターン等が制御される。行動生成部130は、例えば、発光装置という1つの物理的リソースに対し、色彩情報（色相及び彩度）と、発光時間及びその周期を指定する表示パターンとを2つの仮想的なリソースとして設定し、それぞれに優先順位が設定された複数の制御コマンドを受け付けることが可能である。

【0194】

先ず、この仮想的なリソース、即ち、上述した定常的な状態（内部状態及び視覚認識状態）に応じた表現を行うためのバックグラウンドリソース及び定常状態に対して優先すべき状態（割り込みイベント発生の際の状態）に応じた表現を行うためのフォアグラウンドリソースについて更に詳細に説明する。図23は、リ

ソースツリーマップを示す図である。

【0195】

図22に示したLEDコントローラ140a内で各スキーマからのコマンドを受け付けるために設定されたリソースは、図23に示すような階層構造によって定義されている。リソースは、優先順位が異なるフォアグラウンドレベルとバックグラウンドレベルの2つのレベルを有し、フォアグラウンド内又はバックグラウンド内においては、そもそもリソース競合が発生しないように設計されているので優先順位は設定されていない。

【0196】

更に、フォアグラウンド及びバックグラウンドリソースについて、目、耳のリソースに分類され、更にこの目、耳のリソースが色彩と発光パターン（点滅パターン）のリソースに設定されており、リソースが重ならない範囲で各リソースからの制御コマンドがマージされ、出力状態が決定される。

【0197】

即ち、行動生成部130は、このような制御コマンドのマージを行うバッファ130aを有して優先度に基づきコマンドをマージしている。本実施の形態においては、行動決定部120で、2つリソース（フォアグラウンドリソース及びバックグラウンドリソース）に対応して2種類の制御コマンドのいずれか一方が発行され、行動生成部130は、これら2種類の制御コマンドに対応する2つのバッファ（ダブルバッファ）を有し、このバッファ130aにおいてコマンドがマージされる。

【0198】

行動決定部120にて選択された動作に対応する表現を、どちらの優先順位のコマンドで発行して制御するか、即ち、どのような動作に対応する表現を優先して表現させるかは予め決められており、本実施の形態においては、感情状態及び視覚認識結果などに基づき選択された動作に応じた表現、即ち、定常的になされる表現は、バックグラウンドリソースを使用するものとし、ダンスイベントのような割り込みイベントに応じた表現がなされる場合は、優先度が上位のフォアグラウンドリソースを使用するものとし、上述した行動決定部120において、対

応するフォアグラウンドコマンド又はバックグラウンドコマンドが選択されて発行される。なお、このような優先度は、各スキーマに応じて予め設定されるか、所定の条件に基づき各スキーマによってどのレベルの優先度のコマンドを使用するかが選択されるか、又は必要に応じてユーザが行うようにしてもよい。

【0199】

図24(a)は、フォアグラウンド、バックグラウンドそれぞれの階層内のリソースのみを利用したコマンド同士がリソース競合せずに、マージされて出力される例を示す図であり、図24(b)は、バックグラウンドコマンドが出力された状態でフォアグラウンドコマンドが発行され、リソース競合を生じ、バックグラウンドコマンドが上書きされる例を示す図である。

【0200】

同一階層内、即ちバックグラウンドリソース内のリソースのみ又はフォアグラウンドリソース内のリソースのみを利用する場合は、リソースが競合しない。図24(a)に示すように、例えば「喜び」の感情状態151と、「顔発見」の視覚認識状態（イベント出力）152をそれぞれバックグラウンドリソースを使用して表現するよう夫々バックグラウンドコマンドBGC1及びBGC2が出力された結果、2つの出力がマージされLED発光装置が緑色で点滅する等、2つの状態を並列的に表現することができる。

【0201】

一方、図24(b)に示すように、図24(a)に示すバックグラウンドリソースを使用して表現される「喜び」の感情状態151及び「顔検出」の視覚認識状態152の出力中に、「ダンス」という割り込みイベント161からフォアグラウンドコマンドFGCが出力された場合は、バックグラウンドコマンドBGC1及びBGC2が上書きされ、感情状態151及び視覚認識状態152の表現が中断されて、「ダンス」という割り込みイベント161に応じた表現を行うLEDパターンが出力され、LEDパターンファイルが再生される。

【0202】

(4-2-1) コマンドの具体例

次に、バックグラウンドコマンド（BGコマンド）及びフォアグラウンドコマ

ンド（FGコマンド）の具体例について説明する。ここでは、BGコマンド及びFGコマンドとして、夫々色彩（色相及び彩度）を指定するBGコマンド（色彩）及びFGコマンド（色彩）と、発光パターンを指定するBGコマンド（発光パターン）及びFGコマンド（発光パターン）の4つのコマンドを有する場合について説明する。これら4つのコマンドは、以下のように設計されている。

【0203】

BGコマンド（色彩）：1度発行するとその色の状態が維持される

BGコマンド（発光パターン）：コマンドを発行すると1回分発光パターンが再生される

FGコマンド（色彩）：これが発行されるとBGコマンド（色彩）を上書きして出力、コマンドを出力している間有効となり、コマンドを終了すると、BGコマンド（色彩）に戻る

BGコマンド（発光パターン）：これが発行されるとBGコマンド（発光パターン）を上書きして出力、1回分発光パターンが再生され、コマンドを終了すると、BGコマンド（発光パターン）も出力可能な状態になる

【0204】

即ち、同一表現手段における同一表現単位（リソース）を使用して表現される場合は、BGコマンドより、FGコマンドの出力が優先されるため上書きされる。ここで、本実施の形態においては、色彩コマンドと、発光パターンコマンドとは、直交表現可能であり、例えば、BGコマンド（色彩）と、FGコマンド（発光パターン）とが出力された場合は、リソースが競合しないものの、FGコマンドが出力された場合は、全てのBGコマンドによる表現は停止するものとする。なお、このようにリソース競合しない優先順位が異なるコマンドが同時に出力された場合、即ち、FGコマンドが発行された後で、これとは異なる表現単位を使用したBGコマンドが発行された場合には、BGコマンドによる表現を続けるように設定しておいてもよい。その場合は、同一優先順位を有するコマンドで且つ同一表現単位を使用して表現されるよう制御する制御コマンドにおいて、最新のコマンドにより上書きされるようにしておけばよい。

【0205】

図 2 5 は、コマンドの優先順位を説明する図である。ここでは、B G コマンド同士、F G コマンド同士は、同一の表現単位を使用して表現手段を制御するコマンドとし、従って、リソースが競合するため、優先順位が高いコマンドは、優先順位が低いコマンドを上書きするのに加え、同一優先順位を有するコマンドは、常に最新（後発）のコマンドに上書きされるものとする。即ち、図 2 5 に示すように、先に B G コマンドのみが発行されている場合に、後から B G コマンドが発行されると、後発 B G コマンドによりコマンドが上書きされる。また、同様に後から F G コマンドが発行された場合も、後発 F G コマンドにより上書きされる。

【 0 2 0 6 】

また、先に F G コマンドのみが発行されている場合は、後から B G コマンドが発行されても、先発 F G コマンドのままで、コマンドは上書きされないが、後から F G コマンドが発行された場合は、後発 F G コマンドにより上書きされる。

【 0 2 0 7 】

そして、先に B G コマンド及び G F コマンドが同時に発行された場合は、F G コマンドが優先し、後から B G コマンドが発行されても、先発 F G コマンドのままで、コマンドは上書きされないが、後から F G コマンドが発行された場合は、後発 F G コマンドにより上書きされる。

【 0 2 0 8 】

図 2 6 は、行動生成部に供給される F G コマンド、B G コマンド、及び行動生成部により調停され出力される出力コマンドを示す図である。図 2 6 に示すように、F G コマンドが、時刻 $t_2 \sim t_3$ 、及び $t_5 \sim t_7$ の間、発行され、B G コマンドが、時刻 $t_1 \sim t_4$ 、 $t_4 \sim t_6$ 、 $t_6 \sim t_8$ の間、発行され行動生成部 1 3 0 に供給された場合、行動生成部は、図 2 5 にて説明したように、B G コマンドに優先して F G コマンドを発行し、同一階層のコマンドが発行された場合は、後発のコマンドにより上書きしたものを出力コマンドとして発行する。即ち、 $t_1 \sim t_2$ は B G コマンド、 $t_2 \sim t_3$ は F G コマンド、 $t_3 \sim t_4$ 及び $t_4 \sim t_5$ は B G コマンド、 $t_5 \sim t_7$ は F G コマンド、 $t_7 \sim t_8$ は B G コマンドが出力コマンドとして L E D コントローラに供給され、この出力コマンドに従って L E D コントローラは、L E D 発光装置を制御する。

【0209】

このように、1つのLED発光装置に対して、バックグラウンドリソースとフォアグラウンドリソースとの仮想的な2つの階層のリソースに分類し、行動生成部130は、多重化された2種類のコマンドを処理してこれらのリソースの競合がないように調停する。

【0210】

本実施の形態においては、発光装置の制御コマンドに優先順位を設けることでコマンドを多重化することができると共に、複数同時に出力されたコマンド間の切り替え制御が容易になる。具体的には、感情状態や知覚認識の状態など、表現を行うことが必須でないが、常時表現できることが望ましい情報を表現するときはバックグラウンドコマンドを用い、ダンスパフォーマンスや歌のパフォーマンス時のように、終了状態が明確で、バックグラウンドコマンドの出力状態に対して割り込みをかけて実行することが要求されるような内容表現を行うときは、バックグラウンドコマンドより優先度が高いフォアグラウンドコマンドを用いる。このように、定常的に表現されるべき感情状態及び視覚認識状態の表現と、割り込みイベントとして優先的に表現されるべき視覚的パフォーマンスの表現とでこれを出力するコマンドに優先順位を設定することにより、コマンドの切り替えにおいて、バックグラウンドコマンドを発行するモジュールから、フォアグラウンドコマンドの実行状態を監視する必要がなくなり、モジュール設計を行う際にそのプログラムの簡略化を実現できる。また、第1の実施の形態と同様に、直交表現が可能なLED発光装置を表現手段として使用すれば、同時に複数の直交する表現を並列的に表出することができる。

【0211】

(5) 他の実施の形態

なお、本発明は上述した実施の形態のみに限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能であることは勿論である。例えば、上述の実施の形態においては、フォアグラウンドコマンド、バックグラウンドコマンドという優先順位を有する2種類のコマンドを設け、これらを受け付ける2つのバッファを設け、これら2つのコマンドをマージしてリソースの競合を

調停するものとしたが、本発明の要旨は、このような2つのバッファ、即ち2種類のコマンドを扱った用例に限定されるものではなく、一般にn個のバッファ、即ち、優先順位（優先度）が異なるn種類のコマンドを用いた例に拡張が可能である。

【0212】

具体的には、まず前提として、ここで言うコマンドとはファイルの内容を再生する等、ある一定時間有効となる時間の幅を持ったコマンドであるとする。更に、コマンドが終了した後に何もコマンドが出力されない場合、最後に出力したコマンドの状態がそのまま維持されるものとする。

【0213】

例えば、ある優先度の階層で点灯状態に変化させるコマンドを発行し、コマンド出力状態の継続が終了した場合には、明示的に消灯状態に変化させるコマンドを出力するか、若しくは優先度がより高い上位の階層のコマンドに上書きされるまで、最後にコマンドが終了した状態を維持し続けるものとする。この前提の下で、優先度が高い上位のコマンドが存在しなかったときに、それより優先度が低い下位の階層のコマンドを有効となる仕組みを設けることで、階層はn層の場合についても有効にはたらく。このようにして、発光装置等の表現手段における複数バッファの概念は拡張が可能である。

【0214】

また、上述の第1及び第2の実施の形態においては、表現手段として発光装置を例にして説明したが、これに限らず、表現手段としては1つの表現手段において、直交する表現単位を複数有し、並列して表現できるようなものであればよく、上述したように、例えば発音装置等を使用することができる。

【0215】

【発明の効果】

以上詳細に説明したように本発明に係るロボット装置は、内部状態及び／又は外部刺激に基づき自律的な動作が可能なロボット装置において、相互に独立して直交表現可能な複数の表現単位を有する表現手段と、上記内部状態及び／又は外部刺激に基づく互いに直交する複数の各状態と少なくとも1つの表現単位とを対

応づける対応付け手段と、上記対応付けられた表現単位を使用して、互いに直交する複数の状態を並列的に表現するよう上記表現手段を制御する制御手段とを有するので、表現手段によって表現されるべき複数の直交する状態は、それぞれ直交する表現単位により独立して表現されるので、単一の表現手段の中に複数の直交する状態を共存させることができ、また、これらを組み合わせてより少ない表現手段で複雑な状態表現が可能になる。これにより、物理的な重量及び大きさ等が制限され、内部状態表現の表現手段としての機能を多く搭載できない場合にも、効率的に多様な表現を行うことができ、ユーザは、同時に複数の表現手段に視点を向けなくても、ロボット装置の複数の状態を把握でき、ユーザとの間でリアルタイムに円滑なコミュニケーションを実現することができる。

【0 2 1 6】

また、本発明に係るロボット装置は、複数の動作から少なくとも 1 つの動作を選択して実行するロボット装置において、パラメータにより可変制御される表現単位を有する表現手段と、動作が選択されると、該動作に対してパラメータにより可変制御された上記表現単位が対応づけられた制御コマンドを発行するコマンド発行手段と、上記制御コマンドにより上記表現手段を制御する制御手段とを有し、上記制御コマンドは優先順位を有し、上記制御手段は、優先順位が異なる複数の制御コマンドが発行された場合、該優先順位が高い制御コマンドに従って上記表現手段を制御するので、表現手段を制御する制御コマンドに優先度を設けることで多重化することができ、複数同時に出力されたコマンド間の切り替え制御が容易になり、モジュール設計を行う際にそのプログラムを簡略化することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態におけるロボット装置の外観を示す斜視図である。

【図 2】

本発明の実施の形態におけるロボット装置の機能構成を模式的に示すブロック図である。

【図 3】

本発明の実施の形態におけるロボット装置の制御ユニットの構成を更に詳細に示すブロック図である。

【図 4】

本発明の実施の形態におけるロボット装置の行動制御システム 10 の機能構成を示す模式図である。

【図 5】

本発明の実施の形態における行動制御システムのオブジェクト構成を示す模式図である。

【図 6】

本発明の実施の形態における状況依存行動階層による状況依存行動制御の形態を示す模式図である。

【図 7】

状況依存行動階層による行動制御の基本的な動作例を示す模式図である。

【図 8】

状況依存行動階層により反射行動を行なう場合の動作例を示す模式図である。

【図 9】

状況依存行動階層により感情表現を行なう場合の動作例を示す模式図である。

【図 10】

状況依存行動階層が複数のスキーマによって構成されている様子を示す模式図である。

【図 11】

状況依存行動階層におけるスキーマのツリー構造を示す模式図である。

【図 12】

状況依存行動階層において通常の状況依存行動を制御するためのメカニズムを示す模式図である。

【図 13】

反射行動部におけるスキーマの構成を示す模式図である。

【図 14】

反射行動部により反射的行動を制御するためのメカニズムを示す模式図である

。

【図 15】

状況依存行動階層において使用されるスキーマのクラス定義を示す模式図である。

【図 16】

状況依存行動階層内のクラスの機能的構成を示す模式図である。

【図 17】

スキーマの Reentrant 性を説明する図である。

【図 18】

本発明の第 1 の実施の形態におけるロボット装置の表現手段である発光装置における直交表現を示す模式図である。

【図 19】

本発明の第 1 の実施の形態におけるロボット装置の表現手段の一例を示す図であって、(a) は、LED 発光装置を示す平面図及び側面図、(b) は、LED 発光装置の内部回路を示す回路図である。

【図 20】

本発明の第 1 の実施の形態におけるロボット装置の状態表現を行う各処理部を示すブロック図である。

【図 21】

本発明の第 2 の実施の形態におけるロボット装置の行動決定部から表現手段までの各処理部を示すブロック図である。

【図 22】

LED コマンドを発行するスキーマの具体例とリソースの使用方法の関係を説明する図である

【図 23】

リソースツリーマップを示す図である。

【図 24】

(a) は、リソースが競合しない場合、即ち同一階層からコマンドが発行される場合を示す図であり、(b) は、リソースが競合する場合、即ち、コマンドが

上書きされる場合を示す図である。

【図 25】

コマンドの優先順位を説明する図である。

【図 26】

本発明の第 2 の実施の形態におけるロボット装置の行動生成部に供給される F G コマンド、B G コマンド、及び行動生成部により調停され出力される出力コマンドを示す図である。

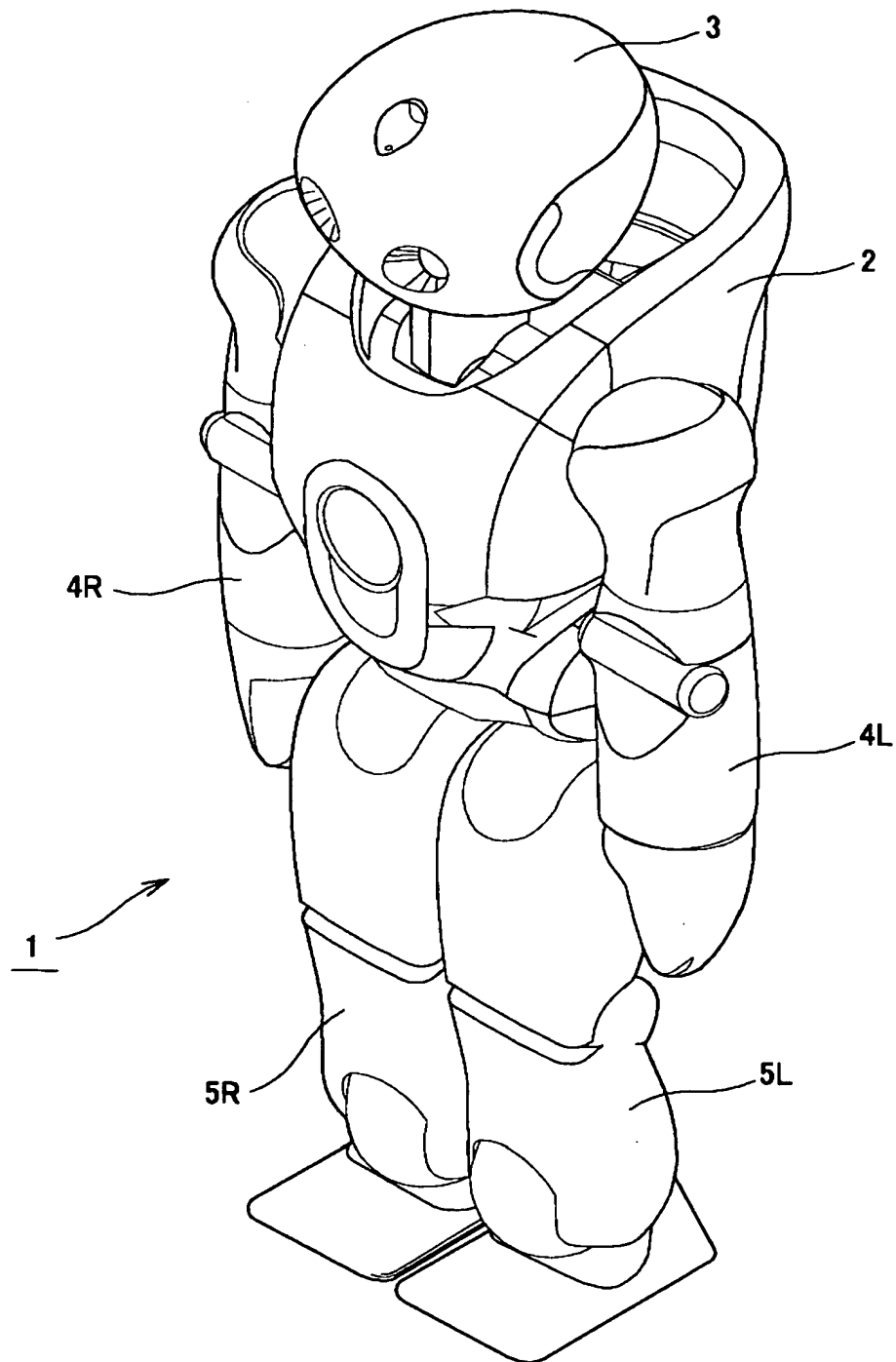
【符号の説明】

1 ロボット装置、10 行動制御システム、15 CCD カメラ、16 マイクロフォン、17 スピーカ、18 タッチ・センサ、19, 140 LED 発光装置、20 制御部、21 CPU、22 RAM、23 ROM、24 不揮発メモリ、25 インターフェース、26 無線通信インターフェース、27 ネットワーク・インターフェース・カード、28 バス、29 キーボード、40 入出力部、50 駆動部、51 モータ、52 エンコーダ、53 ドライバ、80 状態認識部、80a 顔発見オブジェクト、81 視覚認識機能部、82 聴覚認識機能部、83 接触認識機能部、91 内部状態管理部、92 短期記憶部 (STM)、93 長期記憶部 (LTM)、100, 120 行動決定部、101 熟考行動階層、102 状況依存行動階層 (SBL)、103 反射行動部、110, 130 行動生成部、121a ダンススキーマ、121b 表現スキーマ、121c 感情対話スキーマ、140a LED コントローラ、151 感情状態、152 視覚認識状態、161 イベント、201 基板、211~213 LED、231, 232 静電保護ダイオード、221~226 電極、202 樹脂

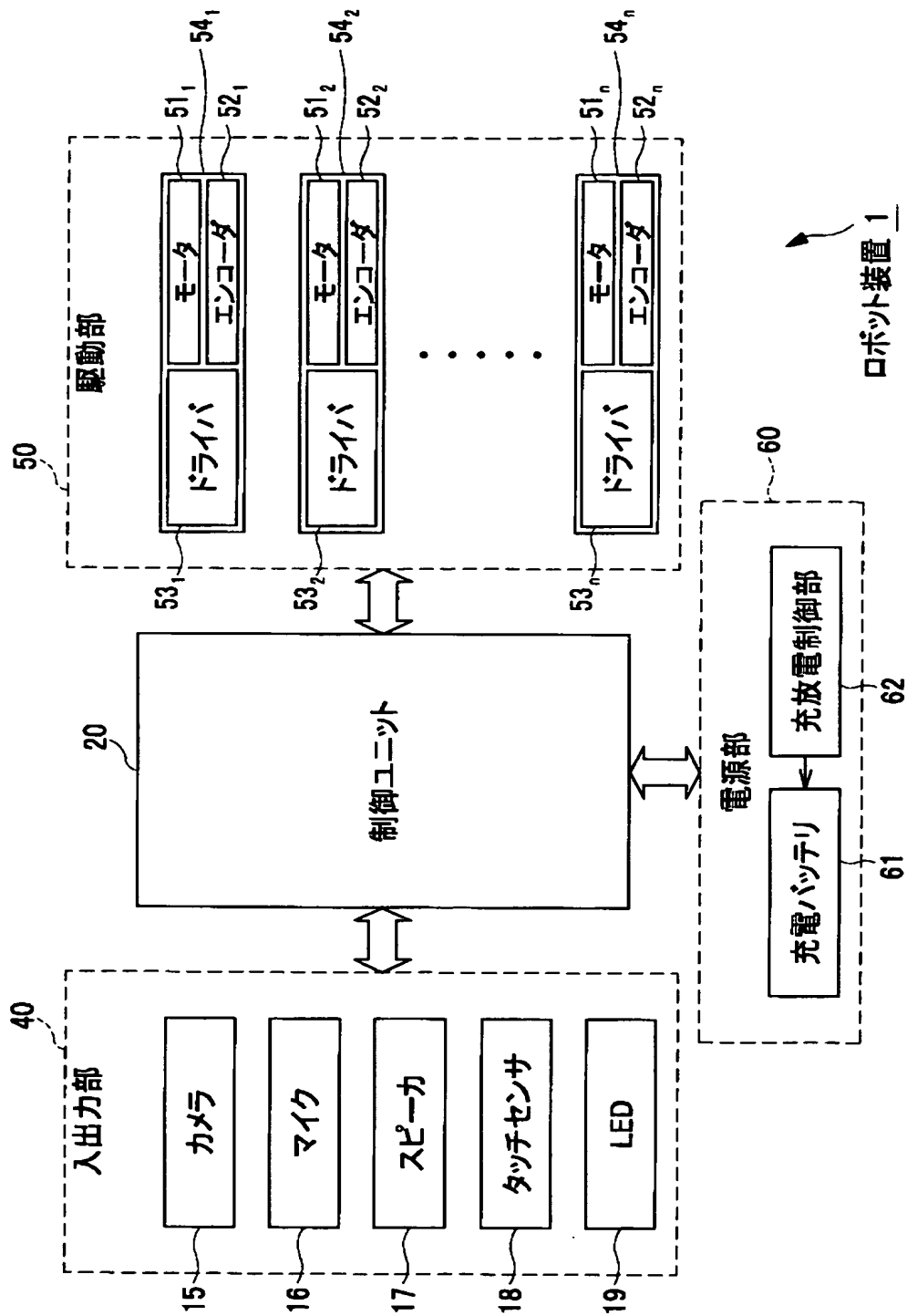
【書類名】

図面

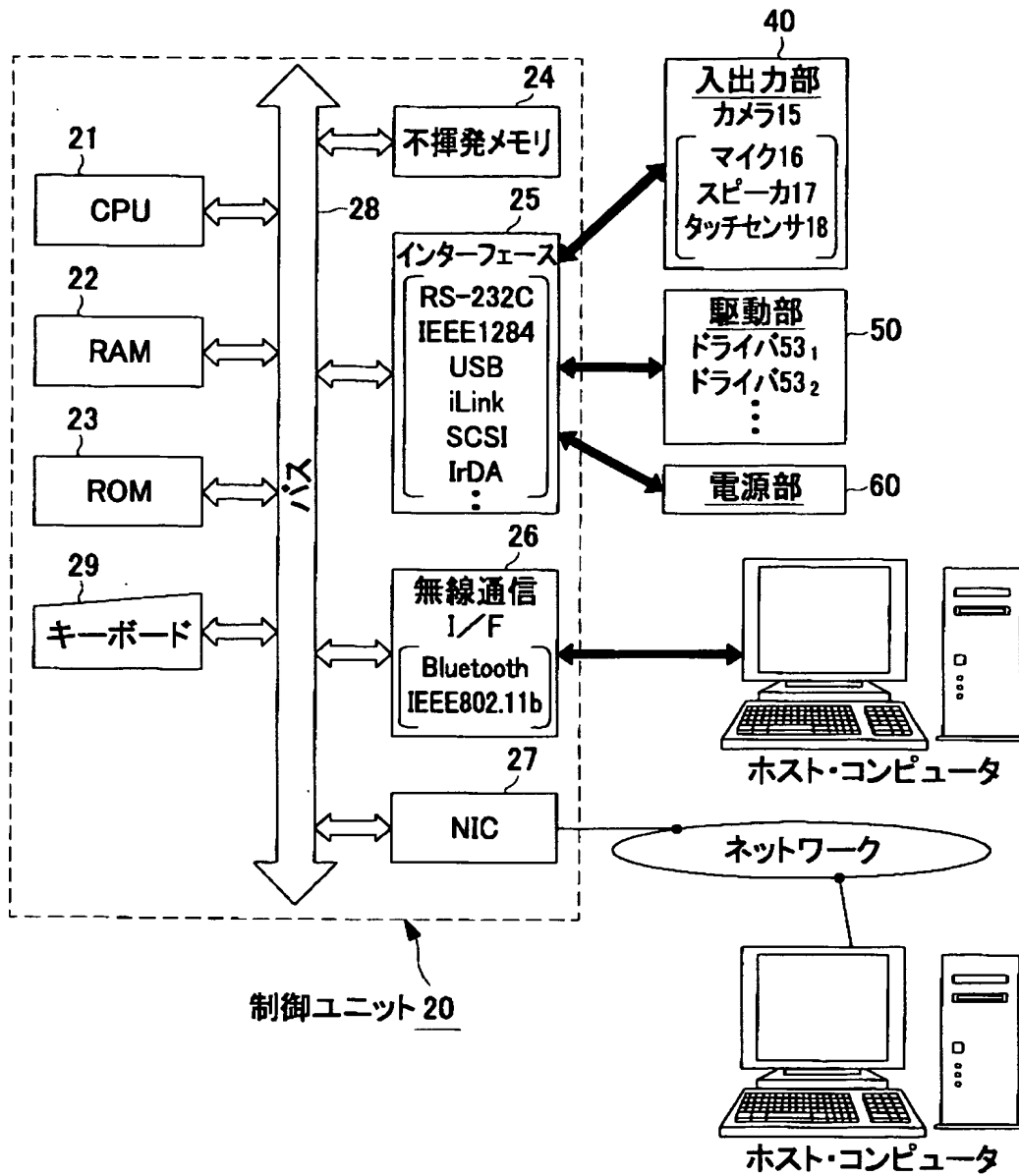
【図 1】



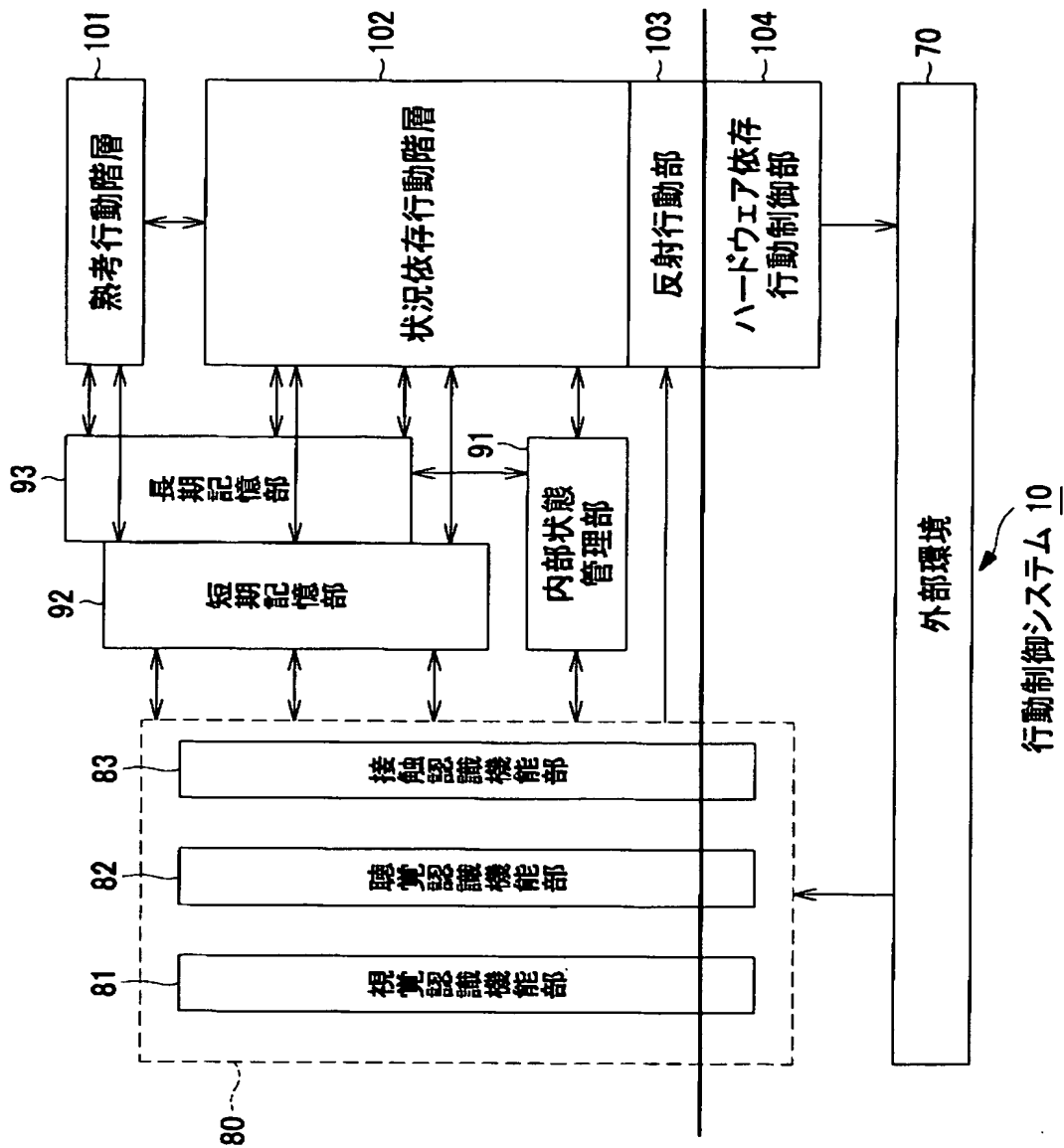
【図 2】



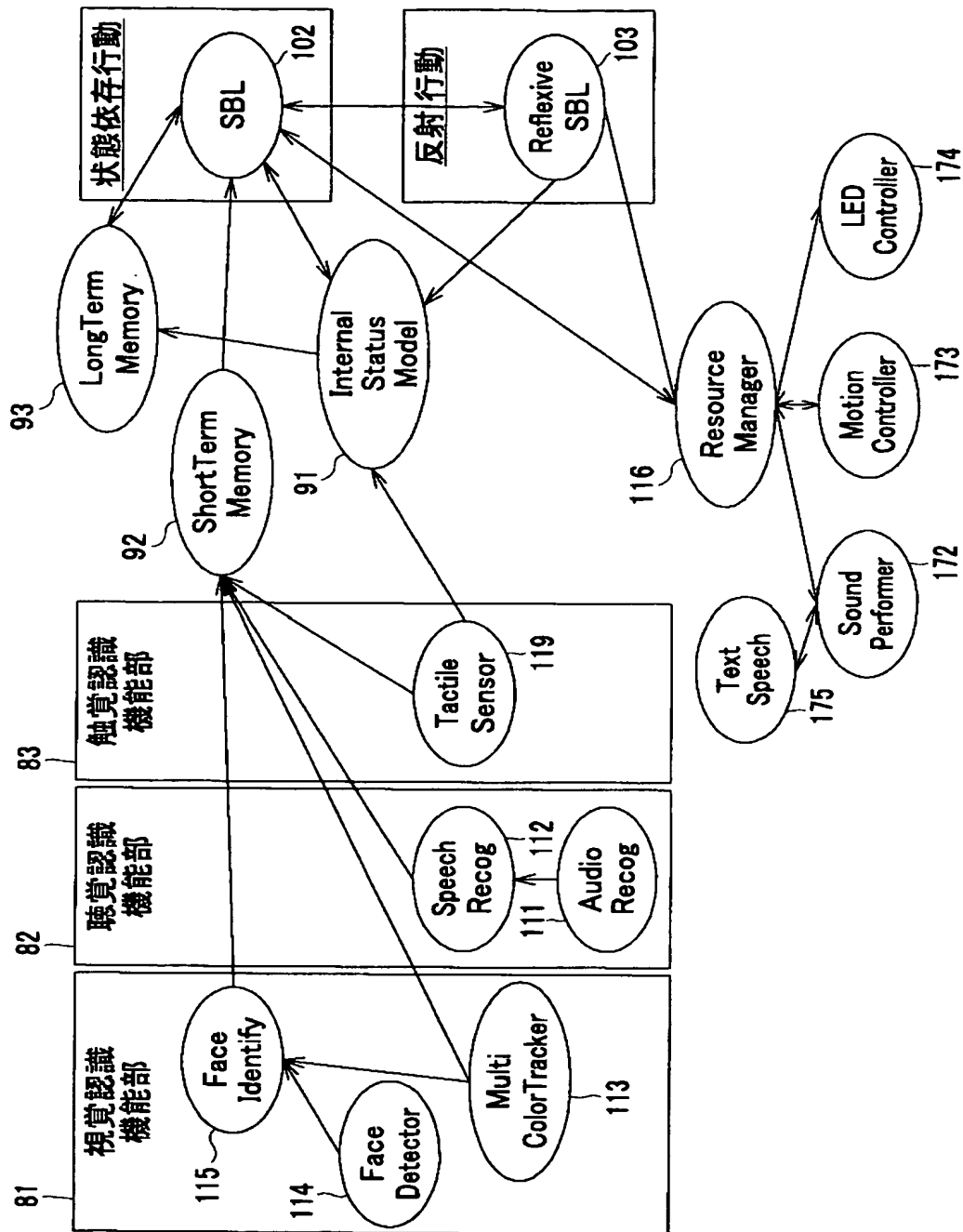
【図 3】



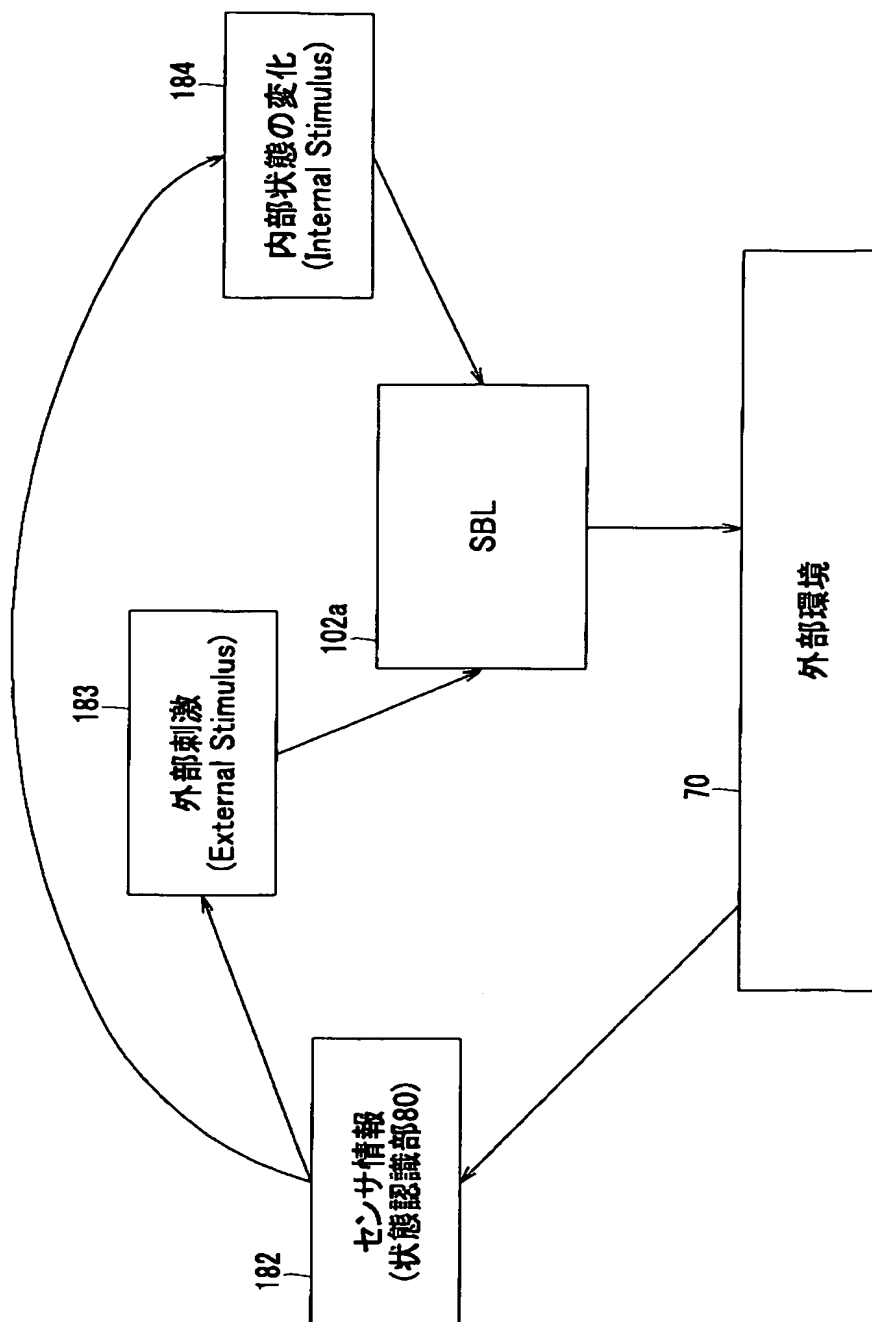
【図 4】



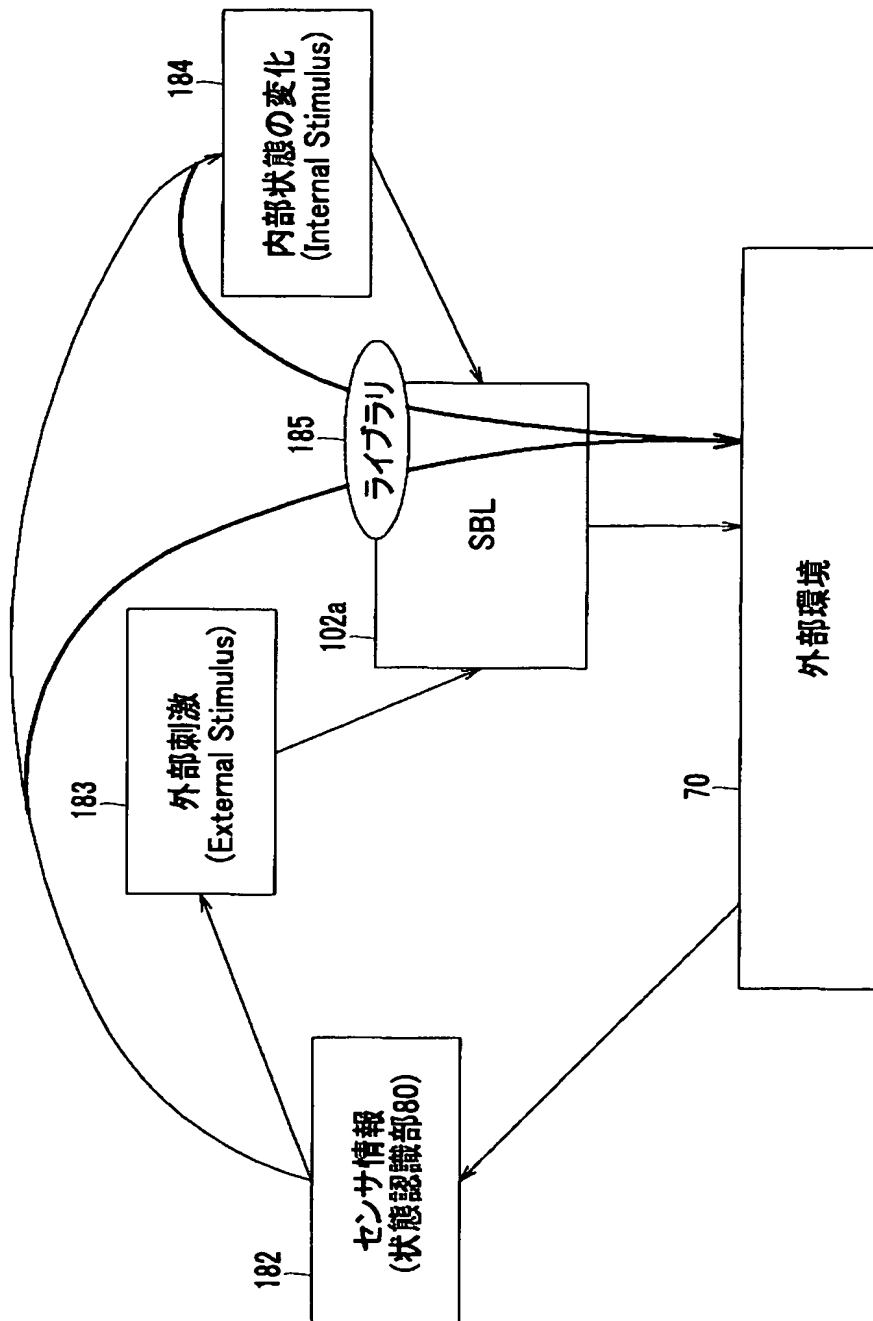
【図 5】



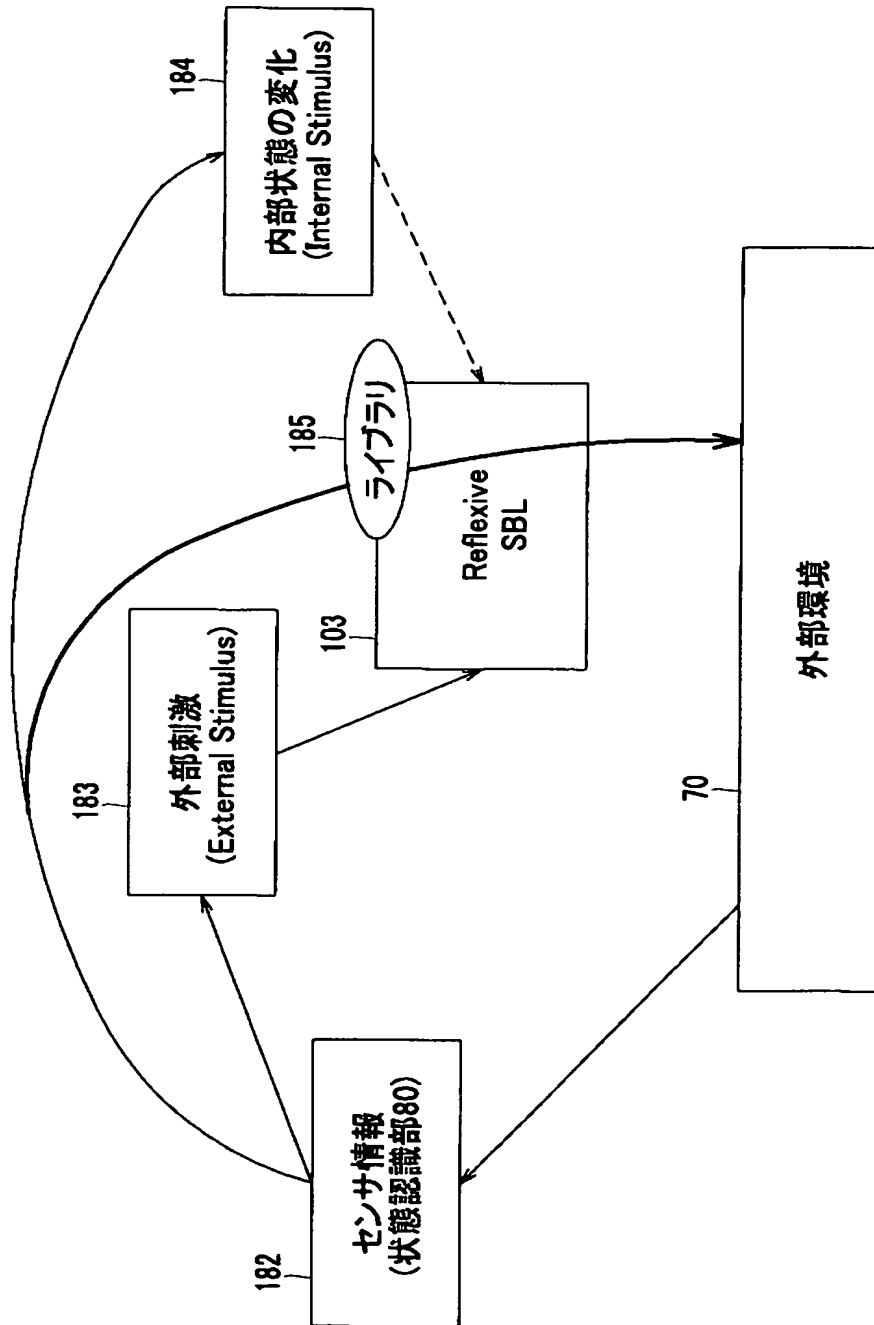
【図 6】



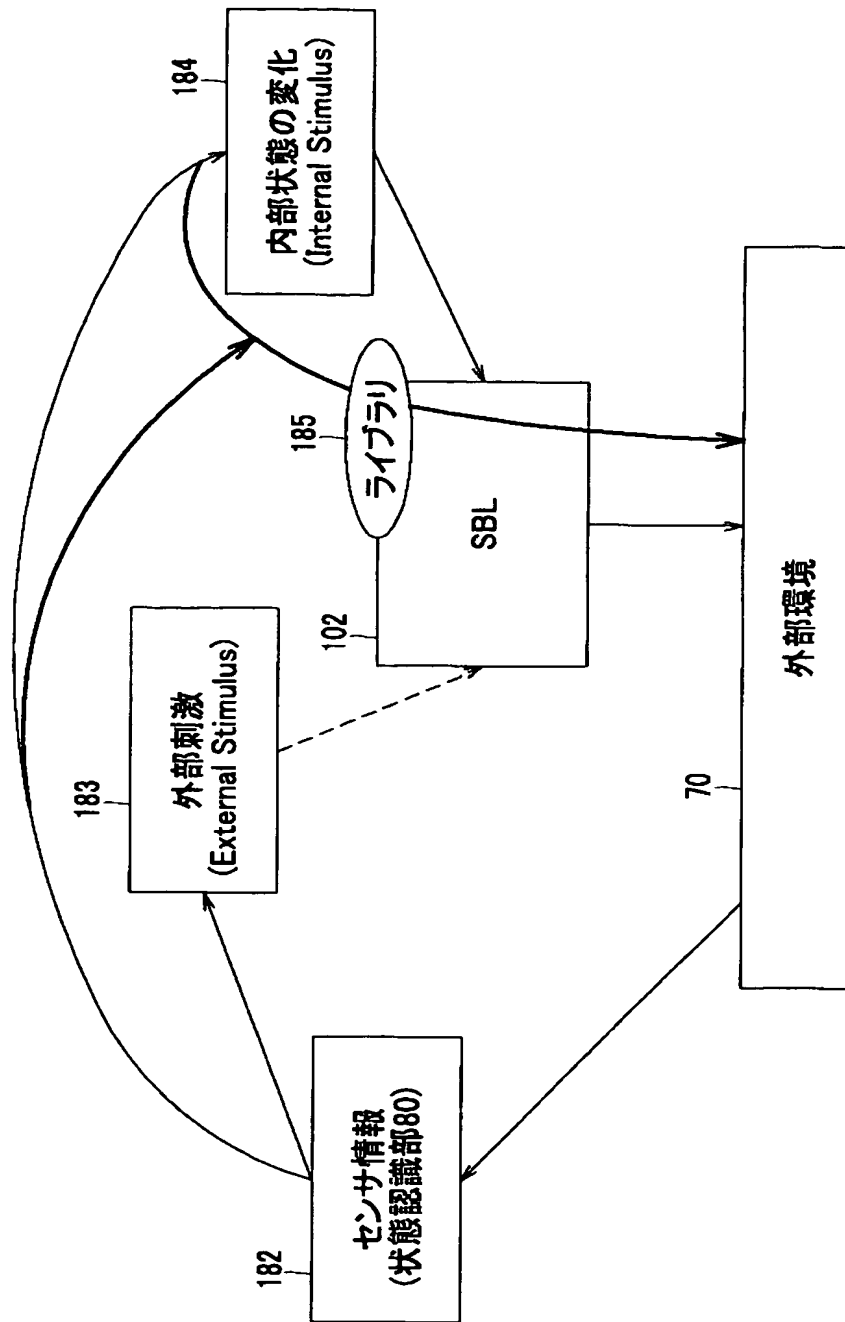
【図 7】



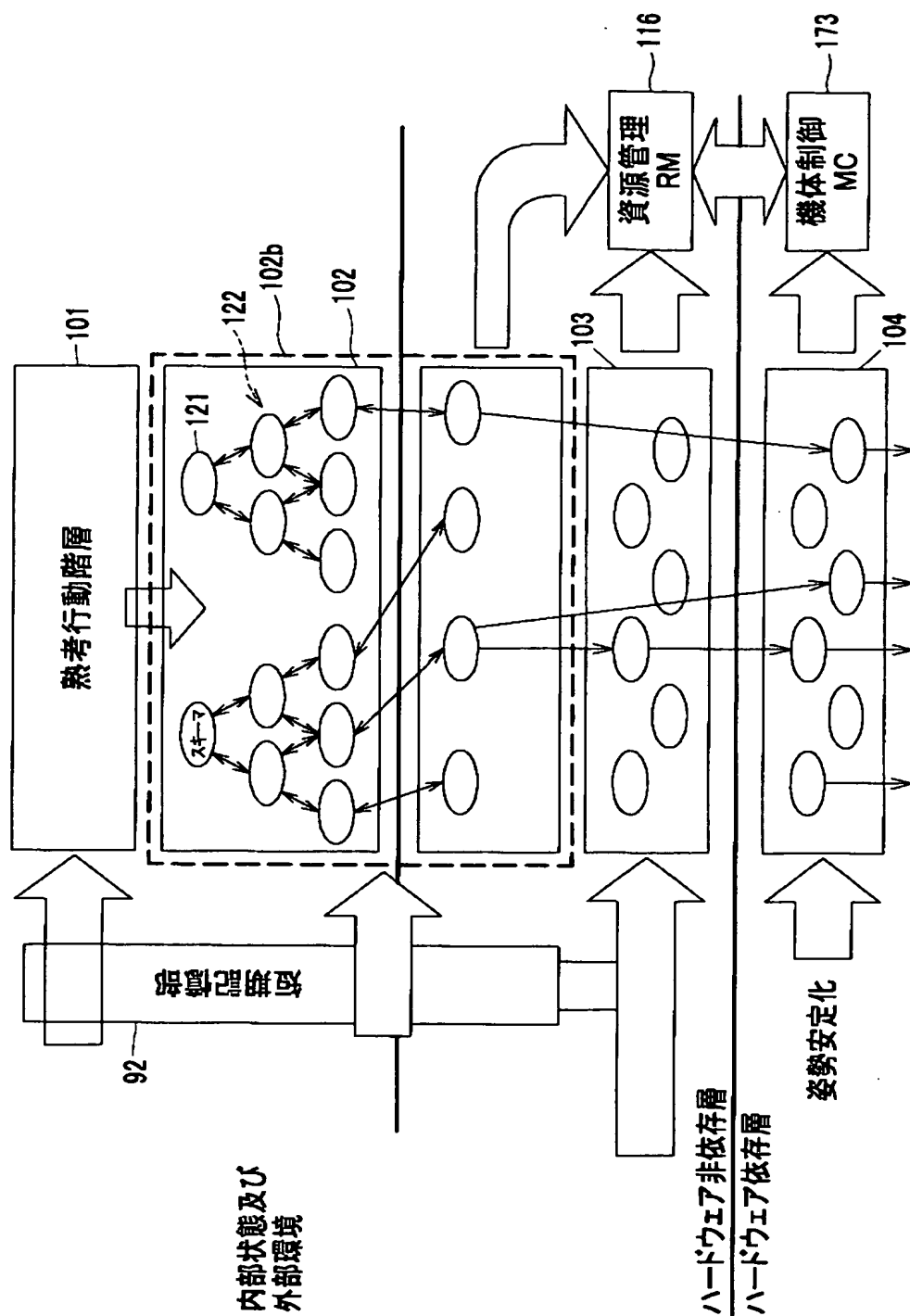
【図 8】



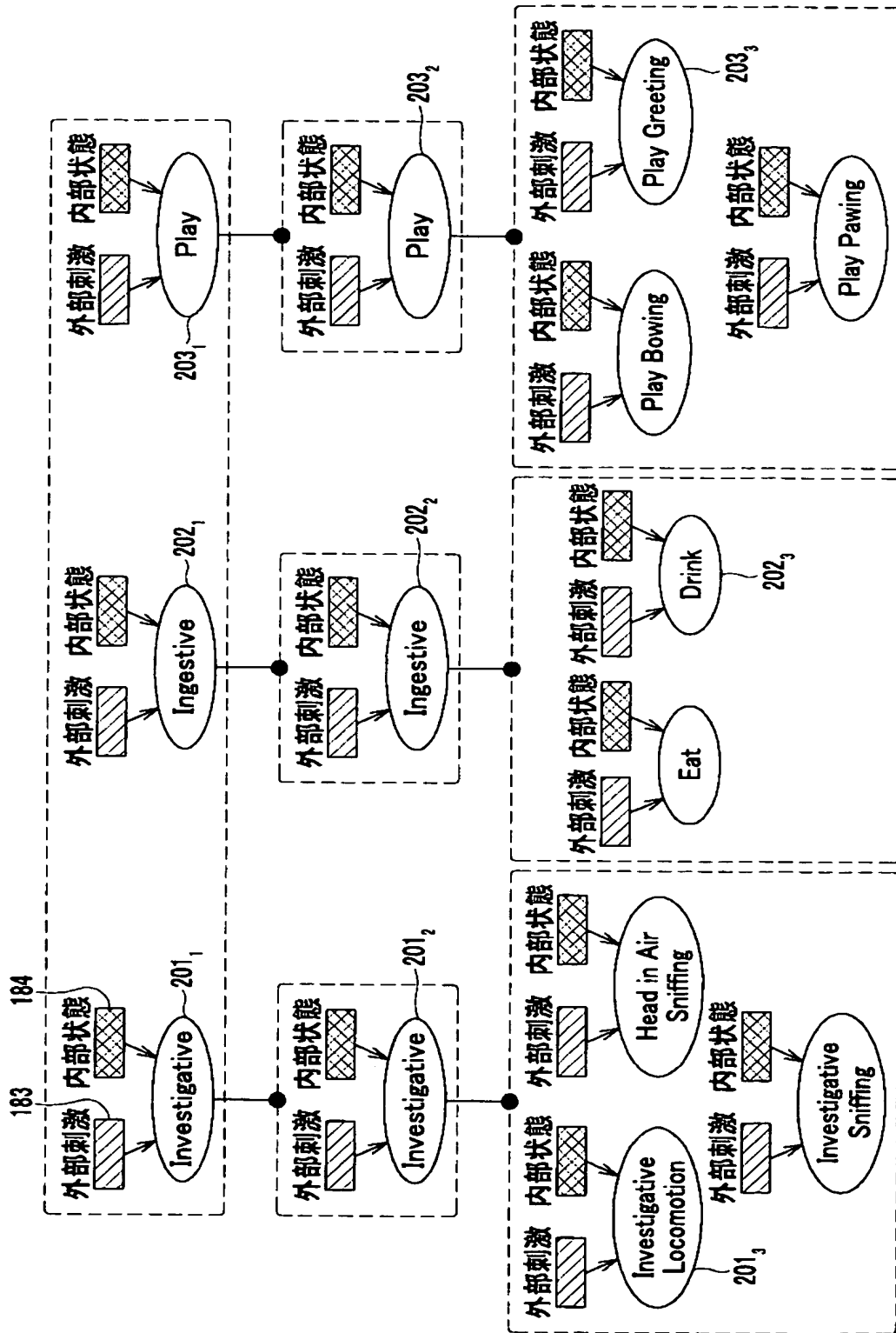
【図 9】



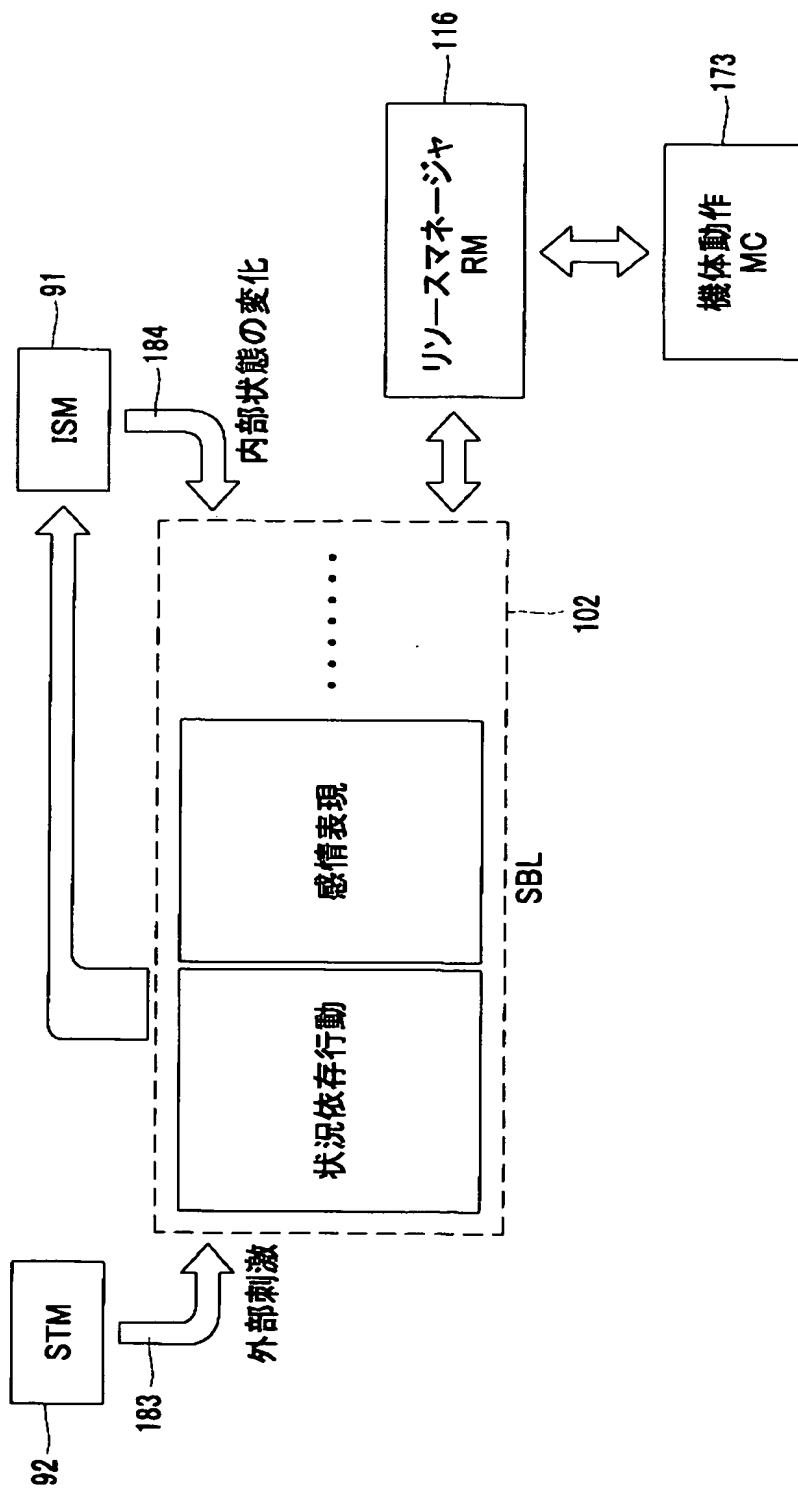
【図 10】



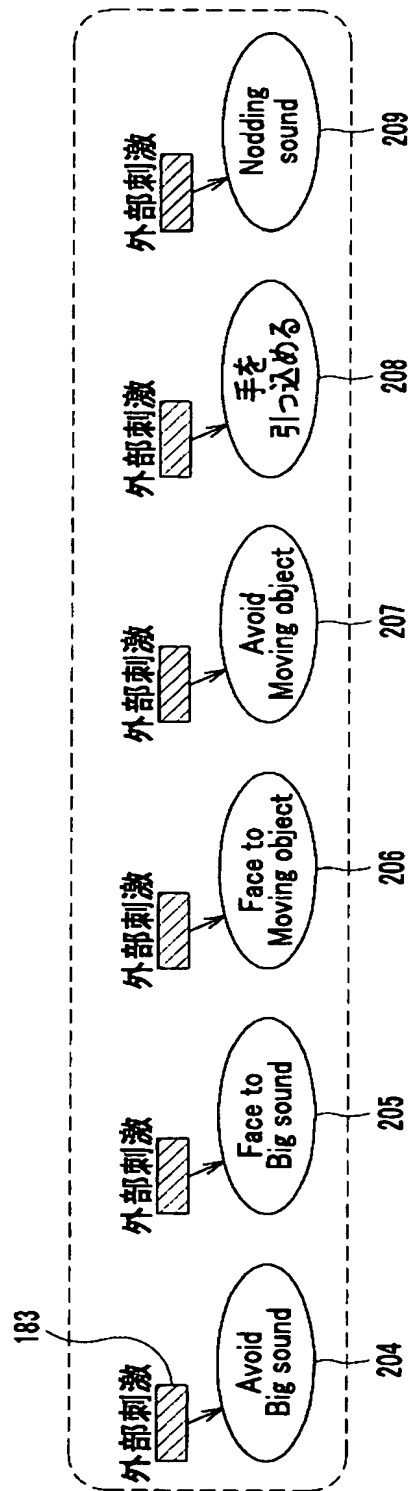
【図 11】



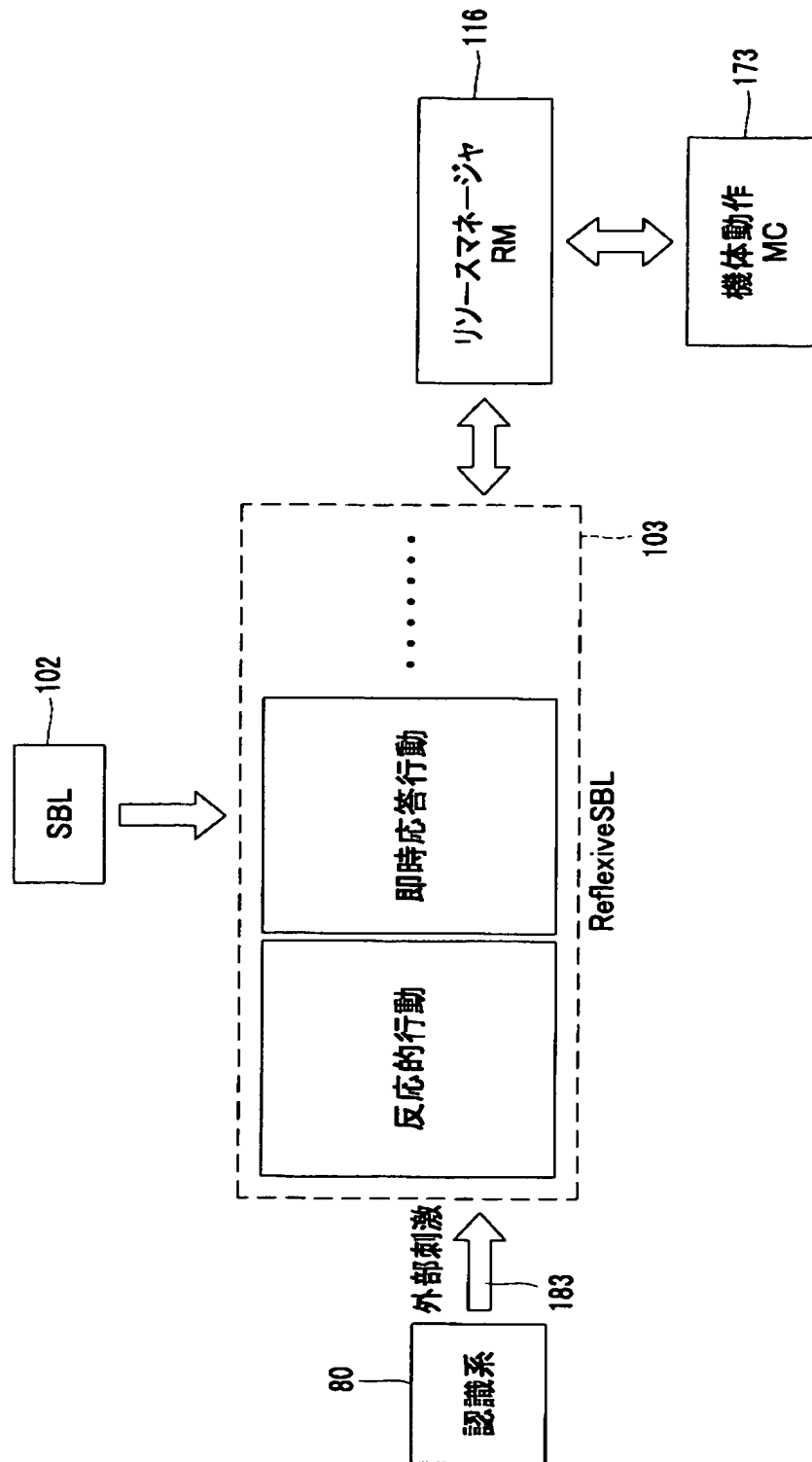
【図 12】



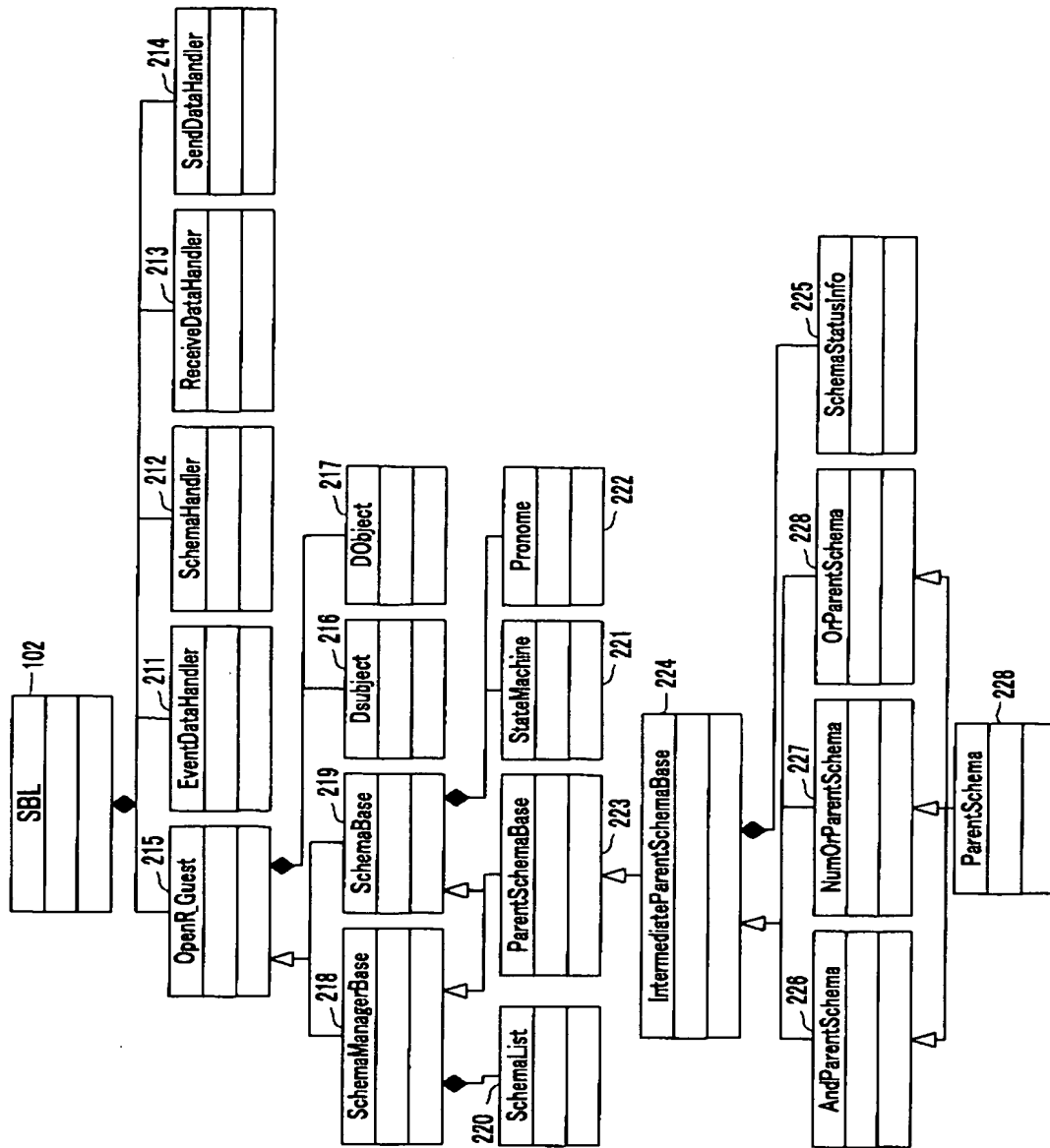
【図 13】



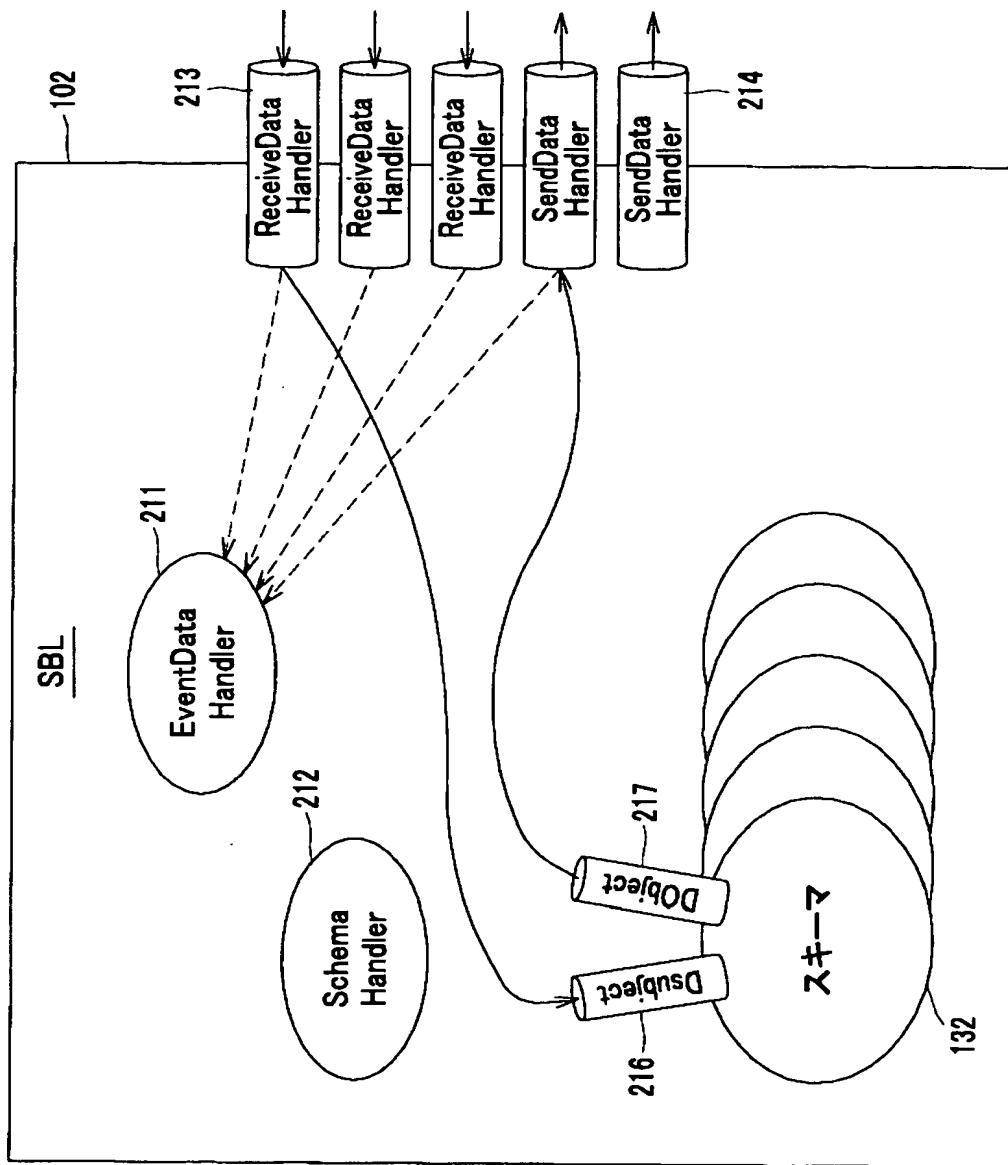
【図 14】



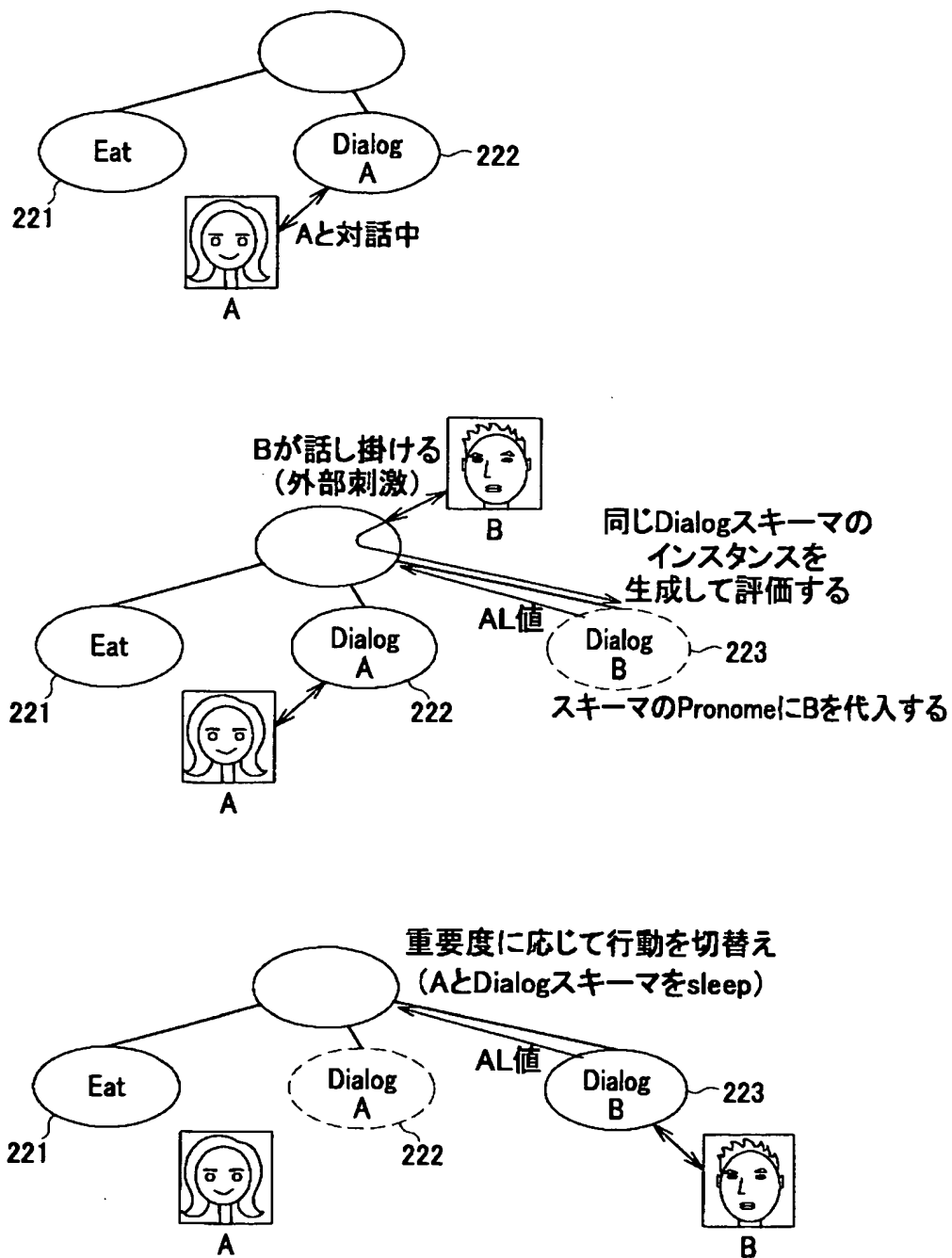
【図 15】



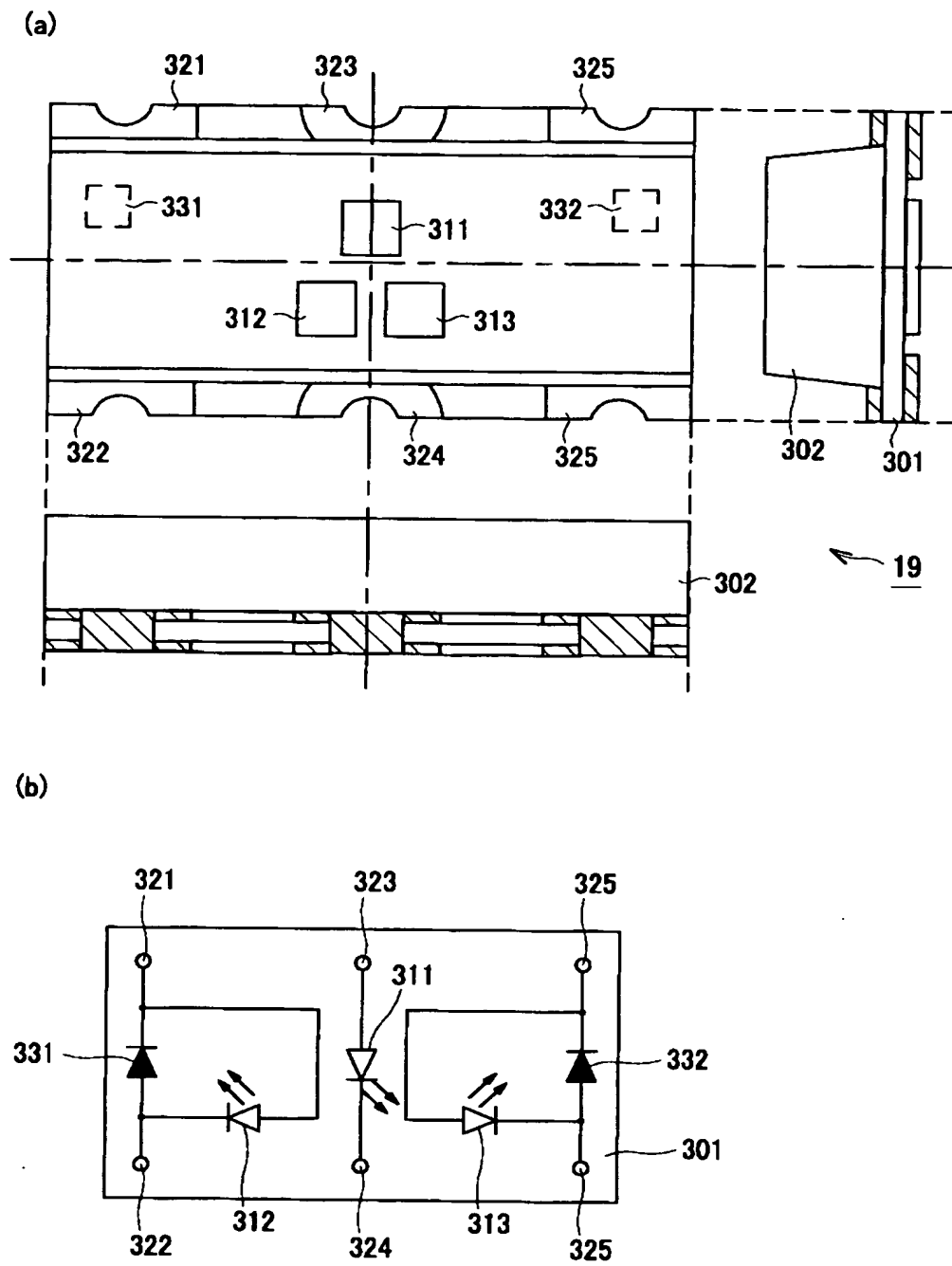
【図 16】



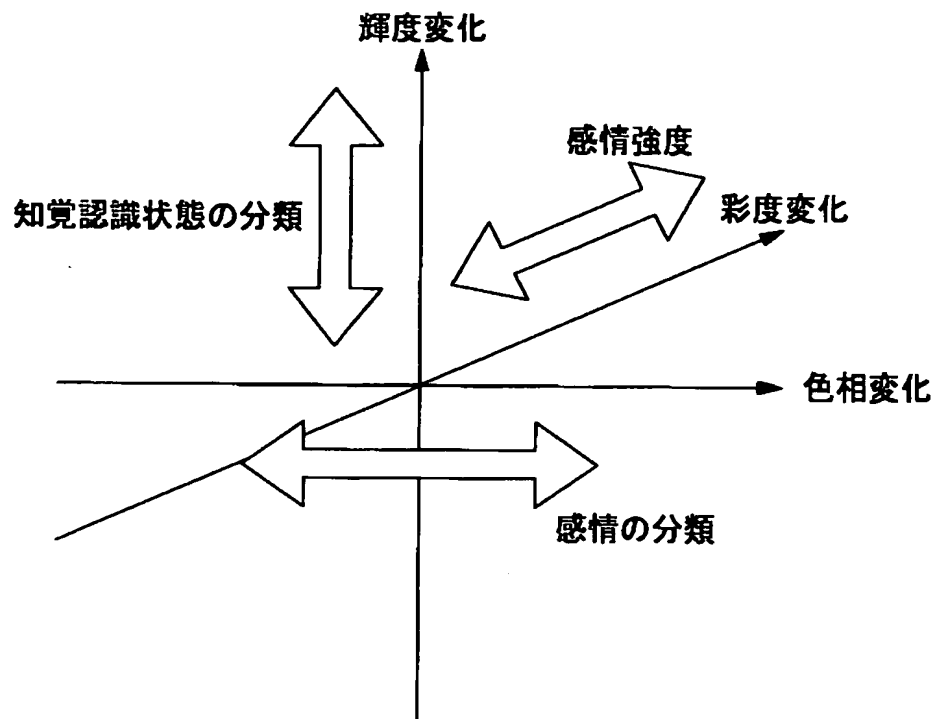
【図 17】



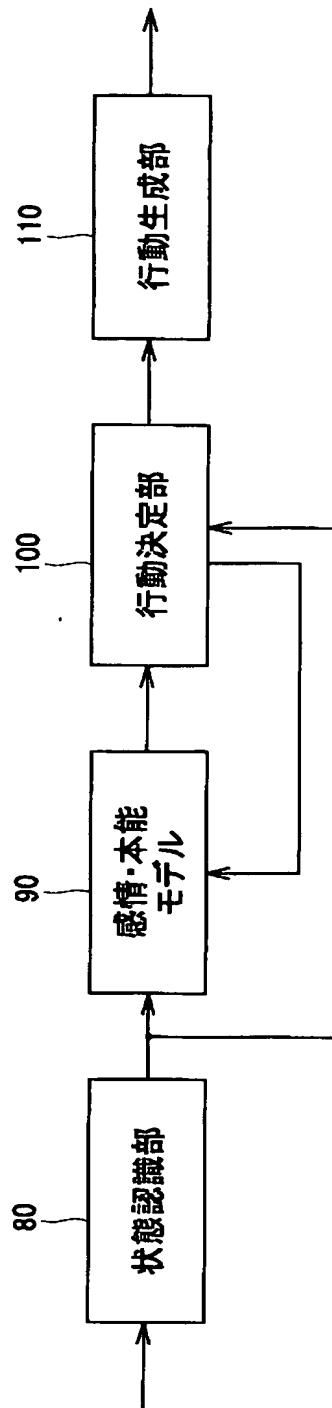
【図 18】



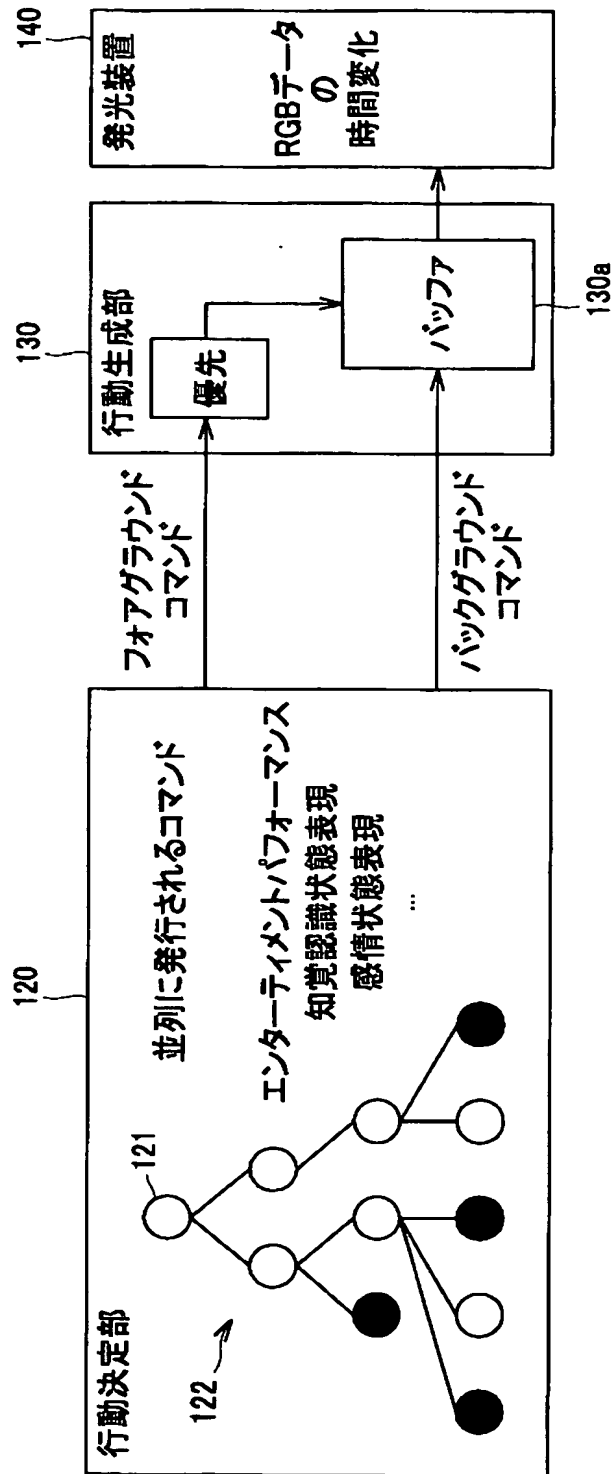
【図 19】



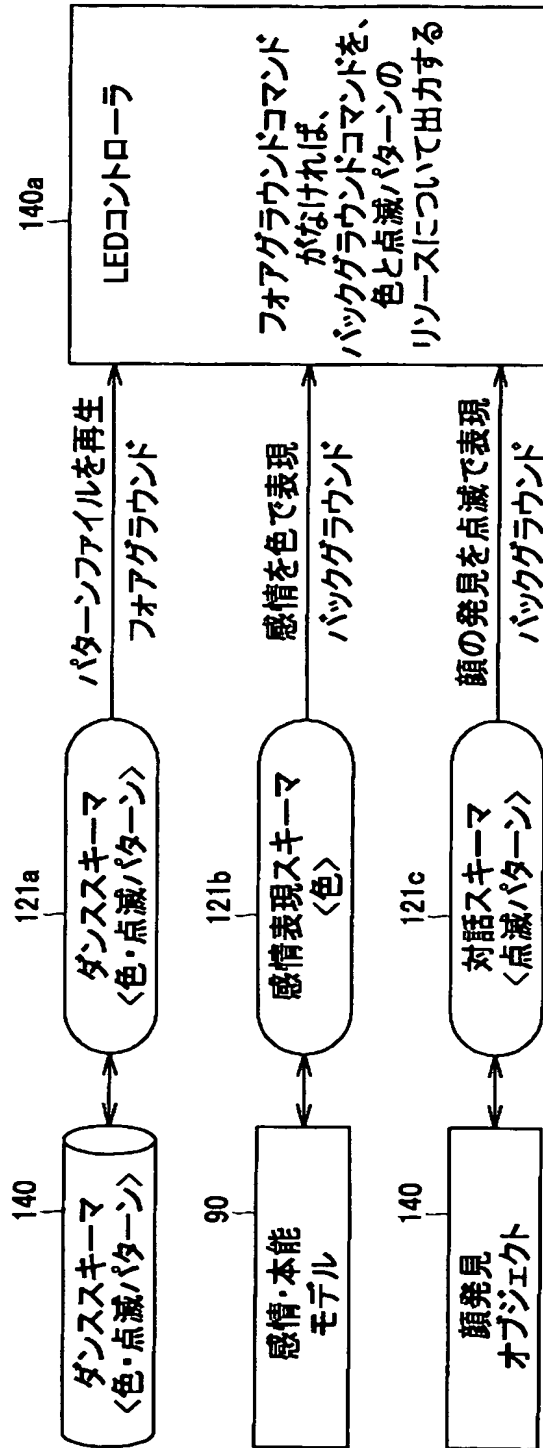
【図 20】



【図 21】

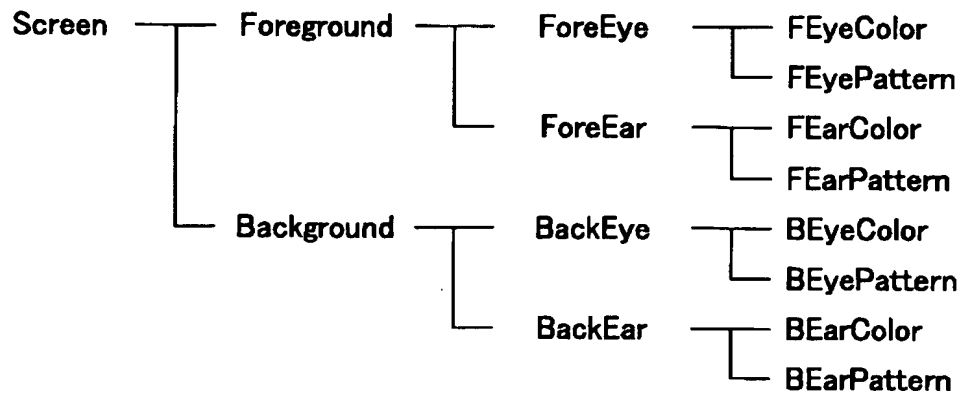


【図 22】

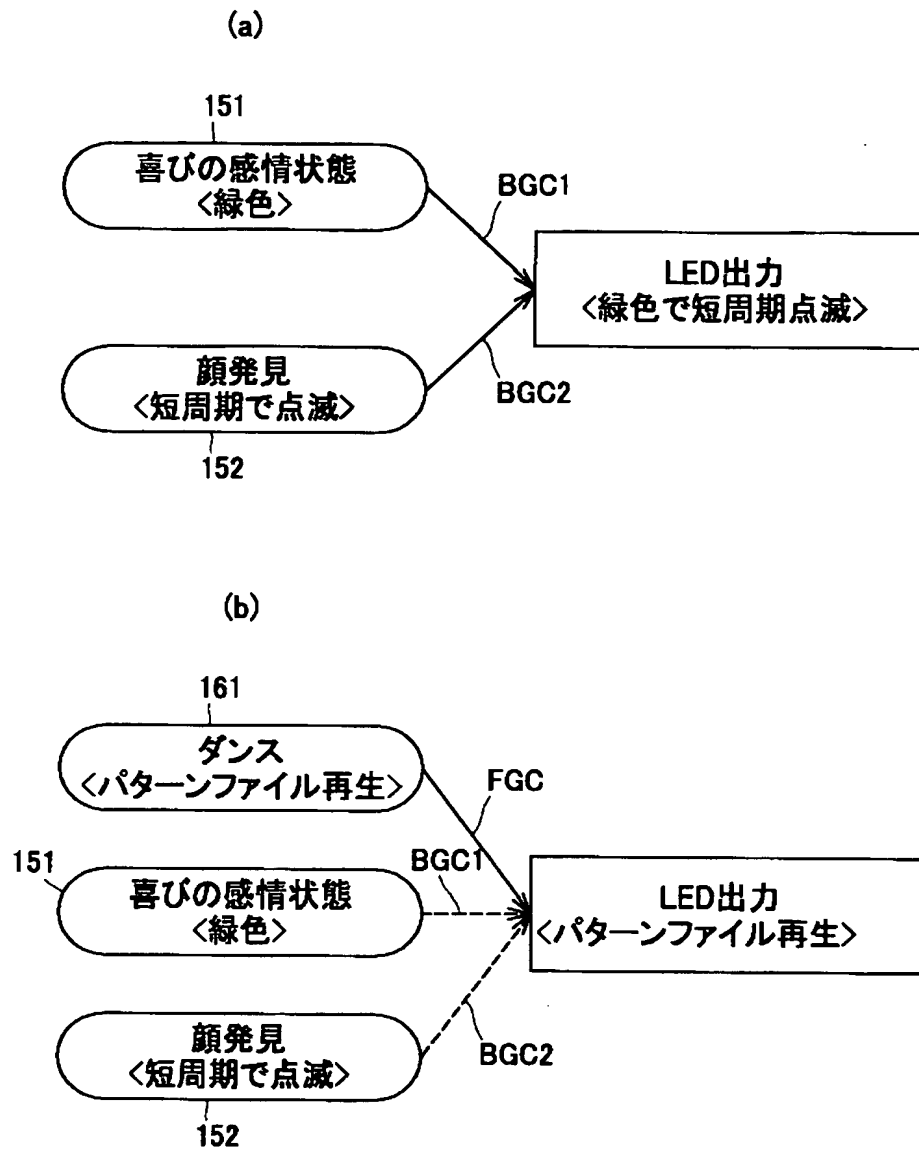


【図 2 3】

Resource Tree Map



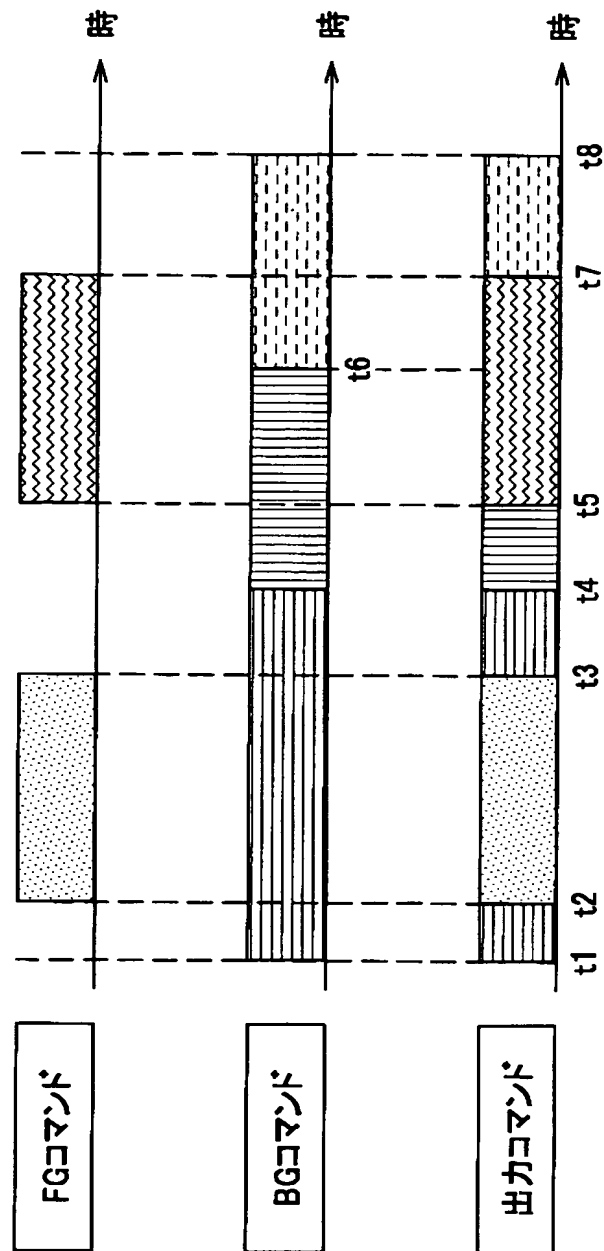
【図 24】



【図 25】

		先発のコマンド		
		BGのみ	FGのみ	BGとFG
後発のコマンド	BG	後発のBGで 上書き	FGのまま	FGのまま
	FG	後発のFGで 上書き	後発のFGで 上書き	後発のFGで 上書き

【図 26】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 限られたリソースを高効率に使用することで、人間との円滑なコミュニケーションを実現する上で重要な情報である複雑多様な感情又は本能の状態や動作に応じた表現を行うことができるロボット装置及びロボット装置の表現方法。

【解決手段】 ロボット装置は、感情状態及び知覚認識処理状態等の複数の状態を、2足歩行の人間型ロボット装置の頭部の目に相当する位置に搭載した発光装置により表現する。発光装置は、相互に独立した直交表現を示す表現単位として色相、彩度、発光パターン等を有する。そして、自身の内部状態や外部刺激に基づく互いに直交する複数の各状態と、少なくとも1つの表現単位とを対応づける対応付け手段により対応付けられた発光装置の直交表現を複数使用して、複数の直交する状態、即ち例えば感情状態と視覚認識状態とを同時に表現する。

【選択図】 図19

特願 2 0 0 3 - 0 2 8 8 9 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 2 1 8 5]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号

氏 名

ソニー株式会社